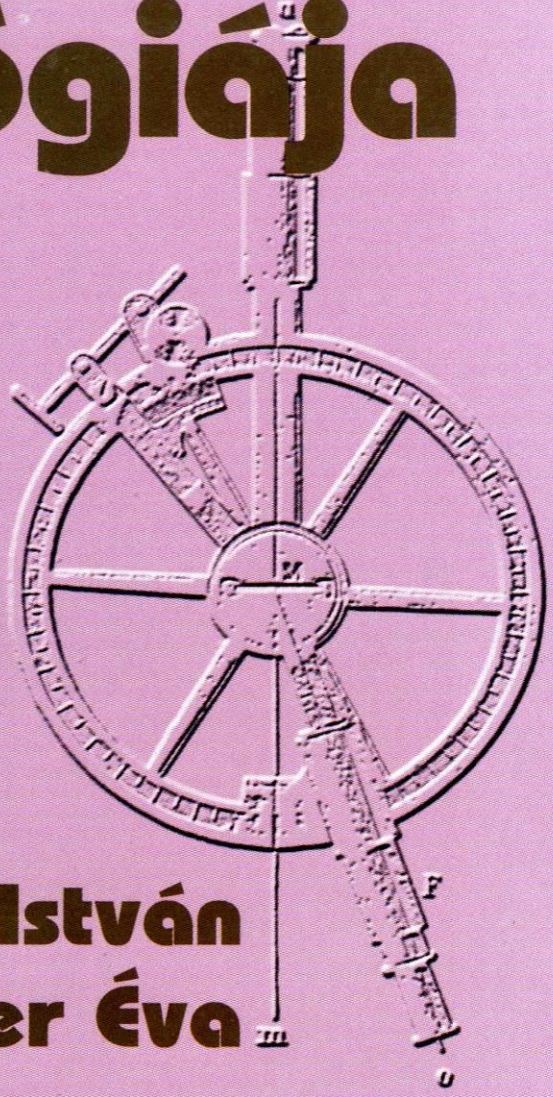
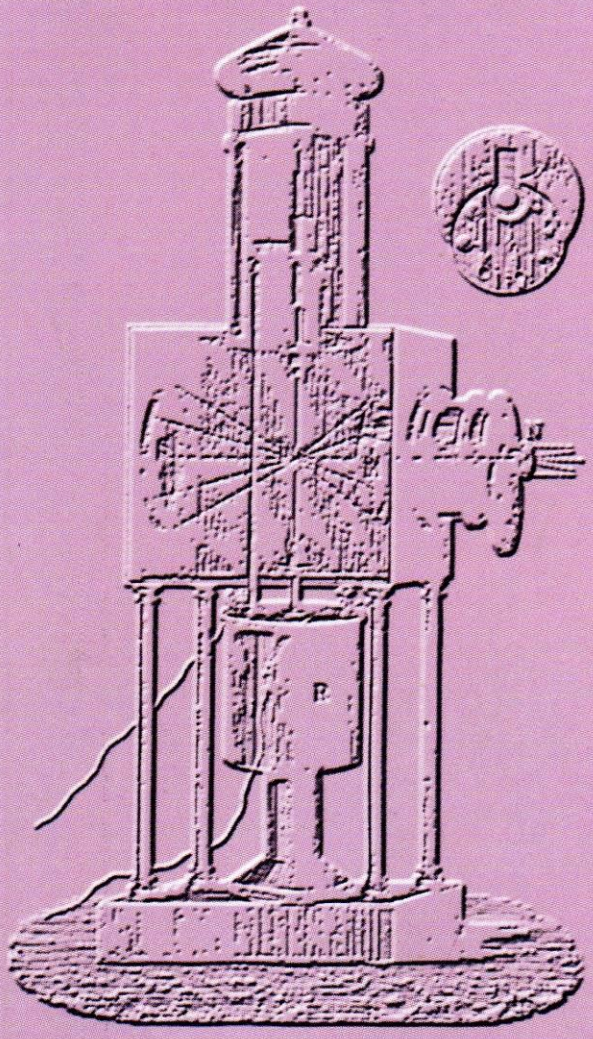
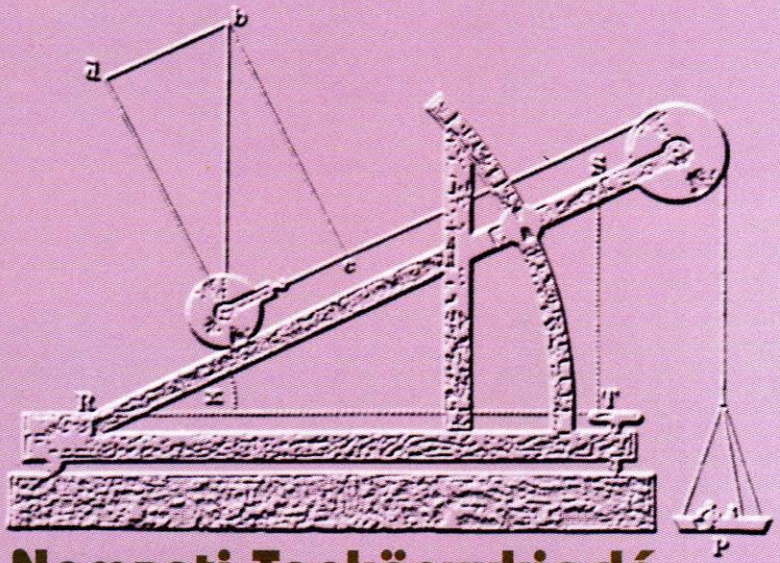
A fizikatanítás pedagógiája

Radnóti Katalin
Nahalka István

Poór István
Wagner Éva







Nemzeti Tankönyvkiadó

Nyilatkozat

Alulírott Kiss János Tamás, mint a Nemzeti Tankönyvkiadó Zrt. (1143 Budapest, Szobránc u. 6–8.) vezérigazgatója ezúton nyilatkozom, hogy tekintettel arra, hogy **A fizikatanítás pedagógiája** című, **42567** raktári számú könyvhöz kapcsolódóan a szerzőktől megszerzett felhasználási jogok ideje lejárt, így társaságunk a mai napon kizárólag a könyvön általa elvégzett szerkesztési, tördelési feladatok és azokhoz kapcsolódó felhasználási jogok kapcsán jogosult eljárni. Így ezúton hozzájárulok ahhoz, hogy abban az esetben, amennyiben a könyv további szerzői is hiánytalanul hozzájárulnak, akkor a társaság által szerkesztett és tördelt könyvet **Radnóti Katalin** (cím: 1116 Budapest, Fehérvári út 187.) mint szerző mások számára ingyenesen hozzáférhetővé tegye.

Budapest, 2012. április 17.

Kiss János Tamás

Közlemény

A fizikatanítása című könyv **csak oktatási célra** használható, engedély nélkül nem terjeszthető. A könyvből részleteket közölni csak a hivatkozások általánosan elfogadott szabályai szerint (könyvcím, évszám, kiadó, fejezetcím, szerző, oldalszám stb.) feltüntetésével lehet.
© A szerzők minden jogot fenntartanak!

Dr. Radnóti Katalin

A fizikatanítás pedagógiája

Szerkesztette:
Radnóti Katalin – Nahalka István

Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2002

Felsőoktatási tankönyv

Készült a Soros Alapítvány támogatásával és az Oktatási Minisztérium Felsőoktatási Pályázatok Irodája által lebonyolított felsőoktatási tankönyv – támogatási program keretében.

Szerzők:

NAHALKA ISTVÁN

POÓR ISTVÁN

RADNÓTI KATALIN

WAGNER ÉVA

Bírálók:

FEKETÉNÉ SZAKOS ÉVA

JURISITS JÓZSEF

TARTALOMJEGYZÉK

ELŐSZÓ 9

1. BEVEZETÉS 13
1.1. Problémák a fizika oktatásában 13
1.1.1. A fizikatanítás szakmai, szakdidaktikai problémái 14
1.1.2. A fizika tanulásának eredményességéről 15
1.1.3. A fizika tanulásának problémái a gyerekek felől közelítve 16
1.1.4. A fizikatanítás szemléletmódjával összefüggő problémák 18
1.2. A fizika szakmódszertan, mint tudomány 19
1.3. A fizika szakmódszertan modelljei 21
1.3.1. A „szavak és könyvek pedagógiájára" épülő fizika szakmódszertan 22
1.3.2. A szemléltetés pedagógiájára épülő fizika szakmódszertan 24
1.3.3. A cselekvés pedagógiájára épülő fizika szakmódszertan 27
1.3.4. A konstruktivista pedagógiának megfelelő fizika szakmódszertan 31

2. A FIZIKATANÍTÁS TÖRTÉNETÉNEK ÁTTEKINTÉSE 37
2.1. Fizikatanítás az önálló fizika kialakulásáig 37
2.2. A kísérleti fizika tanítása 39
2.3. Fizikatanítás Magyarországon 41
2.4. Az általános iskolai fizikatanítás 49

3. KÜLÖNBÖZŐ TUDOMÁNYTERÜLETEK KAPCSOLATAI A FIZIKÁVAL 55
3.1. Hazai előzmények 56
3.1.1. A régi magyar fizika tankönyvi irodalom vázlatos áttekintése a különböző tudományterületekkel való kapcsolat szempontjából 56
3.1.2. Németh László kísérlete 60
3.1.3. A 70-es évek kísérletei és megvalósulásuk a 80-as években 61
3.1.4. A 90-es évek és a jövő évezred oktatási kihívása 63
3.2. Nemzetközi kitekintés 63
3.3. Matematika 71
3.3.1. Tudománytörténeti háttér 71
3.3.2. Kapcsolódási lehetőségek 72
3.4. Kémia 73
3.4.1. Tudománytörténeti háttér 73
3.4.2. Kapcsolódási lehetőségek 74
3.4.3. Néhány jellegzetes példa 75
3.5. Biológia 76
3.5.1. Tudománytörténeti háttér 76
3.5.2. Kapcsolódási lehetőségek 79
3.5.3. Néhány jellegzetes példa 79
3.6. Földrajz 80
3.6.1. Tudománytörténeti háttér 80
3.6.2. Kapcsolódási lehetőségek 85

3.6.3. Néhány jellegzetes példa *85*
3.7. Környezeti nevelés **88**
3.7.1. Világméretű környezeti gondok *89*
3.7.2. Az ózon *92*
3.7.3. Az energia- és nyersanyag-források kimerülése *93*
3.8. Társadalmi vonatkozások **94**

4. A FIZIKATANÍTÁS TUDOMÁNYELMÉLETI HÁTTERE **100**
4.1. A tudományelméletek átalakulása a 20. században és az átalakulás hatása a fizika tanítására **100**
4.2. Az induktív módszer problémái **105**
4.3. Tudománytörténeti példák **108**
4.4. Áltudományos jelenségek **112**

5. A FIZIKATANÍTÁS KONSTRUKTIVISTA ALAPJAI **119**
5.1. A konstruktivista pedagógia kialakulása **119**
5.2. A kognitív pszichológiai háttér **120**
5.2.1. A „leváltott paradigma", a behaviorizmus *120*
5.2.2. A „leváltó paradigma", a kognitív pszichológia *121*
5.2.3. A kognitív pszichológia fejlődésének szakaszai, korai és modern kognitívizmus *122*
5.2.4. A számunkra fontosabb kérdés: hogyan épül fel a személyiség? Először a korai kognitívizmus szerint *123*
5.2.5. A személyiség architektúrája a modern kognitív pszichológia szerint *125*
5.2.6. A szakértő - kezdő különbség fontossága *127*
5.2.7. Vannak-e velünk született képességeink, ismereteink? *128*
5.3. A konstruktivista pedagógia „tételei" **131**
5.3.1. Az előzetes tudás szerepe a tanulásban *131*
5.3.2. A fogalmi váltások fontossága *132*
5.3.3. A pedagógus szerepe *135*
5.3.4. Az induktív tanulási logika és az előfeltételek nélküli felfedeztetés kritikája *139*
5.3.5. A kontextus fontossága *145*

6. A GYERMEKTUDOMÁNY ELEMEI A FIZIKÁBAN **150**
6.1. A fizikai világ gyermeki szemléletmódjának alapjai **150**
6.2. A fizikai gyermektudomány elemei **155**
6.2.1. Energia, hő, hőmérséklet a gyermeki fizikában *155*
6.2.2. Hogyan „látják" a gyerekek az elektromosságot? *160*
6.2.3. Az anyagról alkotott gyermeki elképzelések *166*
6.2.4. Mozgásszemlélet *170*
6.2.5. A fényről alkotott elképzelések *173*

7. PROBLÉMÁK ÉS FELADATOK MEGOLDÁSA A FIZIKA TANULÁSA SORÁN **180**
7.1. Bevezetés **180**
7.2. Probléma és feladat, alapvető értelmezések **180**
7.3. A fizikai problémamegoldásról **182**

7.3.1. A problémák és a problémamegoldás természetéről 182
7.3.2. A problémamegoldás folyamatáról 183
7.3.3. A szakértők és a kezdők problémamegoldási stratégiái közötti különbségek 185
7.3.4. Egy példa a problémamegoldás folyamatának illusztrálására 186
7.4. A problémamegoldás a tanítási folyamatban, gyakorlati megfontolások 188
7.4.1. A problémamegoldás helye a tanítási folyamatban 188
7.4.2. A problémamegoldás tanításának elvi alapjai 189
7.4.3. A heurisztikus gondolkodásra nevelés gyakorlati kérdései 189
7.4.4. A probléma megoldásának bemutatása 191
7.4.5. Milyen problémákat használjunk? Követelmények és típusok 192
7.5. A feladatmegoldásról 194
7.5.1. A feladatmegoldás szerepe a fizikatanításban 194

8. TANULÁSSZERVEZÉSI LEHETŐSÉGEK A FIZIKAÓRÁN 199
8.1. Tanulási környezet 199
8.2. Elvek 200
8.2.1. Kontextus elv 201
8.2.2. A probléma felismerés és a probléma megoldásának fontossága 201
8.2.3. A döntés fontosságának elve 202
8.2.4. A konfliktuskezelés és -megoldás 203
8.2.5. A kockázat értékelése és vállalása 204
8.2.6. A tévedések felismerése és kezelésük 205
8.2.7. A gyermeki elképzelések megfogalmazása 206
8.2.8. A differenciális pedagógia alkalmazásának szükségessége 207
8.3. Szervezési módok és módszerek 216
8.3.1. Frontális munkaformák, módszerek 217
8.3.2. *Páros munka 224*
8.3.3. Csoportmunka, módszerek 225
8.3.4. Egyéni munkaformák, módszerek 231

9. A SZEMLÉLTETÉS LEHETŐSÉGEI A FIZIKA ÓRÁN 235
9.1. Kísérlet 236
9.2. Bemutatás 242
9.3. Film, videó, számítógép, CD 242

10. A FIZIKA TANÍTÁSÁNAK TERVEZÉSE 245
10.1. A tanulók tanulási szokásai, együttműködési képessége, a közösségben kialakult viszonyrendszerek hatása a tervezésre. 245
10.2. A tantervek szerepe a tanári munka tervezésében 246
10.3. A tanulók előzetes tudásának hatása a tanári tervezőmunkára 247
10.4. Hogyan készül és milyen legyen a terv? 250

11. A FIZIKA TANÍTÁSA SORÁN ELŐKERÜLŐ FŐBB TÉMAKÖRÖK FELDOLGOZÁSI LEHETŐSÉGEI 253
11.1. A mechanika tanításának konstruktivista alapjai 253
11.1.1. Newton I. törvénye 253

11.1.2. Impulzus-megmaradás, a tömeg meghatározása *256*
11.1.3. A legnagyobb „mumus”: Newton II. törvénye *261*
11.2. Az anyag részecsketermészetének elfogadtatása **271**
11.2.1. Történeti áttekintés *271*
11.2.2. Atomos szemlélet a tankönyvekben *274*
11.2.3. Az anyagszerkezet tanításának első lépései *275*
11.2.4. A téma tanulásához szükséges ismeretek, az előzetes tudás *276*
11.2.5. Hogyan építsük föl az anyagszerkezet témakört? *277*
11.3. A hőtan tanításával kapcsolatos kérdések vázlatos áttekintése **281**
11.3.1. A hőtan története, az alapfogalmak kialakulása *281*
11.3.2. Termodinamika a tankönyvekben *286*
11.3.3. A hőtan tanítása során felmerülő kérdések *287*
11.4. Az elektromosságtan tanítása **291**
11.4.1. Néhány gondolat az elektromosságtan történetéből *291*
11.4.2. Elektromosságtan a könyvekben *295*
11.4.3. Az elektromosság tanításának kezdeti lépései *295*
11.4.4. A téma tanulásához szükséges ismeretek, az előzetes tudás *296*
11.4.5. Hogyan építsük föl az elektromosság témakört? *297*
11.5. A modern fizika alapjai **300**
11.5.1. Modern fizika a tankönyvekben *302*
11.5.2. Relativitáselmélet *304*
11.5.3. A kvantummechanika elemei *306*

NÉV- ÉS TÁRGYMUTATÓ **313**

ELŐSZÓ

Megérett az idő arra, hogy egy egészen új szemléletű, vagy legalábbis a korábbiaktól egész gondolkodásmódját tekintve eltérő fizika szakmódszertan könyvet írjunk. Hazánkban az elmúlt évtizedekben születtek ilyen témájú tankönyvek, ezeket ma is használják a tanárképzés legkülönbözőbb, a fizikatanítás gyakorlatára felkészítő stúdiumain, s valószínűleg még egy jó ideig használatban is maradnak.

A forgalomban lévő kiadványok a tudományok és a pedagógiai gyakorlat fejlődésének egy rendkívül hosszú, rendkívül termékeny korszakához és szinte teljes közmegegyezésen alapuló szemléletmódjához kapcsolódtak, a pozitivisztikus tudomány- és pedagógia képhez. Az empirizmus filozófiájára építő, a tapasztalatok mindenek fölöttiségét hirdető tanítási szemlélet, a tudomány anyagát, gondolkodásmódját, egész megismerési apparátusát a tantárgyak szervezésében abszolút szerephez juttató gondolkodásmód határozta meg e könyvek tartalmát, szellemiségét.

Elismerjük ennek a szemléletmódnak a következetességét, tudományosságát és relatív hatékonyságát, azonban úgy látjuk, hogy az új évezredhez érkezve (s ez persze csak egy retorikai fogás, a tízes számrendszernek ehhez semmi köze) valami másra van szükség.

Az elmúlt 20-25 évben, a fizika tanításában a világon alapvető változások mentek végbe. Négy fő területen látjuk ennek az átalakulásnak a jeleit:

1. *Radikálisan átalakult a fizika, mint iskolai tantárgy tanítása funkciójának a szemlélete*, s ennek nyomán maga a gyakorlat is, amennyiben a fizika tanításának társadalmi funkciói kerültek előtérbe Kialakult a társadalomközpontú természettudományos nevelés, lényegesen kitágítva a fizikatanítás funkciórendszerét is. E tendencia nyomán a fizikatanítást is áthatja a „természettudományt mindenkinek” elve, a komprehenzivitás eszmeisége, az STS (Science-Technology-Society = Tudomány, technika, társadalom) irányultság, a környezeti-, a technikai- és az egészségnevelés szelleme.
2. A fizikatanítási programok közül az újabban fejlesztettekben megjelent egy minden megelőzőtől radikálisan különböző tanulásszemlélet, *s ennek nyomán a tanítás egy teljesen új felfogása és gyakorlata*. Ez a szemléletmód a konstruktivizmus, amely a gyerekek fizikai világképének alakulása folyamataival kapcsolatos nézeteinket teljes mértékben átformálta.
3. Megújult, alapjaiban *átalakult a fizikatanítás tanterveihez, oktatási programjaihoz és a tanári tervezéshez való viszony*, amennyiben előtérbe kerültek a tanári munkát közvetlenül segítő formák, elsősorban a kurrikulum tantervtípus, illetve a más területeken bekövetkezett fejlődési folyamatok eredményeként lényegesen megváltozott a mindennapos tanári munka tervezésének gyakorlata, tartalma, módszere is.
4. Átalakult, nagyon *jelentős mértékben kiszélesedett az a módszertani repertoár*, amellyel a fizikatanítás elérheti a céljait. E gazdagodás részben a korábban már jelzett tendenciák hatására, de részben a módszertan önálló fejlődése következtében jött létre. A kollektív elsajátítási formák primátusa, a játék, a problémamegoldás fontosságának megnövekedése, s különösen a számítógép és a modern multimédia alkalmazása szinte teljesen átformálták a fizikatanítás módszereit.

Az itt jelzett átalakulások, fejlődési tendenciák a hazai oktatási gyakorlatot sajnos csak kevéssé érintették. Könyvünk célja elsősorban az, hogy tankönyvként használják fizikatanárok képzésében, megismertetve őket e nevelési terület modern tendenciáival.

Könyvünk tartalma látványos szakítás sok hagyományos értékkel, elgondolással, elmélettel és megoldással, néhány érték azonban a számunkra is ugyanaz, mint a korábban szakmódszertan könyveket írók értékei. Ilyen érték a tudományosság, a fizika szeretete, egyfajta elkötelezettség amellett, hogy a felnövekvő generációk a fizikatanítás során biztos, a hétköznapi életben is jól használható, korszerű műveltséget szerezzenek. Bár sok mindent megkérdőjelezünk mindabból, ami eddig gyakorlat volt, de azt nagyon erősen képviseljük magunk is, hogy jól felépített természettudományos oktatásra, s ezen belül a fizikai világgal való alapos ismerkedésre az általános képzés keretei között nagy szükség van, ha lehet minél hosszabb ideig.

Számunkra is érték a gyakorlatiasság, még akkor is, ha magunk a gyakorlatiasságot nem tudjuk elképzelni színvonalas elméleti megalapozottság nélkül. Ez a gyakorlatiasság megjelenik abban, hogy könyvünk nem pusztán bizonyos elméletek bemutatása, hanem sok-sok gyakorlati útmutatást, tanácsot, ötletet is tartalmaz. Ugyanakkor abban is gyakorlatiasak akarunk lenni, hogy egy olyan gyakorlatias fizikatanítás talaján állunk, amelyben a kísérletezés, a megfigyelés, minden a valós fizikai világgal való gyermeki, megismerői kölcsönhatás fontos helyre kerül. Persze alapvető tanulásfelfogásunk - a konstruktivizmus - nem engedi, hogy a tapasztalatoknak, az empíriának azt a szerepet szánjuk, amelyet hagyományosan szánnak, tudniillik a megismerés kiindulópontjának, s valamifajta objektív forrásának a szerepét.

Szeretnénk azonban néhány új értéket is felmutatni ebben a könyvben. Mindenekelőtt a gyermek megismerésének, és tanítási-tanulási folyamatba való gyakorlati bevonásának értékét. Mi úgy véljük, hogy *minden tanításnak, s így persze a fizikatanításnak is kulcskérdése ma a gyermekre, sajátos világlátására, kételyeire, kérdéseire és tevékenységeire való koncentrálás*. Az elmúlt egy-két évtizedben a természettudományos nevelés módszertanában éppen ezen a területen volt talán a legnagyobb az előrelépés. Ma sokkal többet tudunk arról, hogyan látják a gyerekek az egyes természeti folyamatokat, mint akár 20 évvel ezelőtt. Ennek eredményeként a gyermeki világlátás elemeihez való pedagógiai viszony is átformálódott.

A gyerekek kérdéseinkre adott sajátos válaszaiban, a tanítottakkal nem megegyező magyarázataikban ma már nem hibákat, téveszméket, „dühítő" nemtörődömséget, tanulni nem akarást látunk, hanem egy belső világ logikus következményeit. S ennek megfelelően a pedagógusi munka is egyre inkább e belső világ felé fordult. A módszerek kiválasztása azzá a kérdéssé vált, hogy milyen módon lehet „megszólalásra bírni" ezt a belső világot, s ha már „megszólalt", akkor hogyan lehet segíteni az átalakítását, alternatív gondolkodásmódok kifejlesztését (konstrukcióját). Az új pedagógia minden ízében a gyermek felé fordul, a gyermek felé, akit többé már nem tekint sem szövegeket tároló dossziénak, sem felvételeket visszajátszó magnetofonnak, sem olyan gépnek, amely a megfelelő programozás hatására képességeknek nevezett algoritmusok végrehajtására válik alkalmassá. A gyermek ebben az új szemléletben „tudáskonstruktőr", vagyis „gyermektudós" és a valós világban önállóan cselekvő „gyermekmérnök".

Új értékeket akarunk abban is megcsillantani, ami a fizikának a teljes emberi életben való alkalmazását jelenti. Fizikát nem csak a leendő fizikusoknak, más

természettudósoknak, mérnököknek és orvosoknak tanítunk, hanem mindenkinek. E trivialitásnak a programok formálásában, s magában a tanításban soha nem volt túlzottan erős a szerepe. Mi most szeretnénk nagyon komolyan venni. Azt szeretnénk, ha a könyvünk segítségével olyan fizikatanárokat nevelnének a hazai felsőoktatási intézményekben, akik nem csak 4-5 kis fizikust tanítanak az osztályban, hanem mindenkit. Ebben persze számba kell venni, hogy valójában csak nagyon keveseknek van szükségük azokra a részletes ismeretrendszerekre, amelyek ma a fizikatanítás törzsét alkotják. Mást és másképpen kellene tanítani a diákok egyes csoportjainak, világosan felmérve, hogy ki mi iránt érdeklődik, milyenek az ambíciói, s éppen mi ragadja meg a leginkább a figyelmét. Ez a differenciált pedagógia eszközrendszerének alkalmazását igényli, s mi igyekszünk az ennek megismeréséhez szükséges konkrét elemeket meg is adni ebben a könyvben.

Már az eddigi megjegyzésekből is látszik, hogy mi a fizikatanítást nem csak a fizikatudomány kérdésének tartjuk, hanem legalább ilyen mértékben a pedagógiára és a pszichológiára (sőt, a filozófiára) is tartozó kérdésnek. A fizikatanítást megújítani valószínűleg nem új tananyagokkal és nem új apró ötletecskékkel kellene, még ha elismerjük is, hogy új tananyag elképzelésekre, és nagyon sok jó tanítási ötletre is szükség van. De ezzel nem meríthető ki a fizikatanítás megújításának feladata. Itt elsősorban a pedagógiai rendszerek, a tanulási környezetek, az oktatási módszerek, az eszközök fejlesztése a központi kérdés, tehát egy erős és határozott pedagógiai innováció. Nem csak az a fontos, hogy a fizikatanárok a jövőben jobb fizikusok legyenek (ez is hasznos persze), hanem az is nagyon lényeges, hogy sokkal jobb pedagógusokká váljanak. S ez ma már biztosítható, ismerjük azokat a pedagógiai tudásrendszereket és gyakorlati formákat, amelyek kereteit adhatják egy pedagógiailag tudatosabb munkának.

Ugyanakkor azt is látni kell, hogy módszertani megújulás, új tanulási környezetek alkalmazása nem lehetséges hagyományos szemlélettel. Vagyis azt állítjuk, hogy a fizikatanítás korszerűsítésének feladata mindenekelőtt alapvető pedagógusi gondolkodási struktúrák átalakításának feladata. Ez az igazán nehéz feladat, ez komoly kihívás mindenkivel szemben, aki pedagógusképzéssel, továbbképzéssel, tanterv- és tankönyvírással foglalkozik. A nemzetközi tapasztalatok azt mutatják, hogy megváltozik a fizikatanárok viszonya saját tantárgyukhoz, annak funkciójához, átalakulnak a tanulás folyamatáról alkotott elképzelések, számos ponton felülvizsgálják azt a tudományszemléletet, amely szinte megrögződött az elmúlt évtizedekben, s ma már szinte anakronisztikusnak mondható. A feladat tehát nem csak egyszerűen az, hogy új módszereket sajátítsunk el, valójában egész gondolkodási rendszerünk megváltoztatását is kitűzhetjük célként.

Ez a könyv négy tanár munkája. Hárman közülünk közvetlenül és ma is foglalkoznak fizika szakmódszertannal, hiszen ketten (Radnóti Katalin és Poór István) főiskolán tanítják e tudományterületet, egyikünk pedig (Wagner Éva) vezetőtanárként kapcsolódik hozzá, s természetesen ő még a közoktatásban is fizikatanítással foglalkozik. Csoportunk negyedik tagja (Nahalka István) egyetemen tanít didaktikát, a természettudományos nevelés pedagógiájával foglalkozik, de rendelkezik általános- és középiskolai fizikatanítási gyakorlattal is.

Könyvünk nem kézikönyv, nem törekedtünk teljességre, bár igaz, igyekeztünk viszonylag széles áttekintést adni a fizika tanításáról. Akár még fontosnak is tekinthető területek maradtak azonban ki, így alig szólunk a fizika tantervekről, a pedagógiai

értékelésről, s van jó néhány szokásos fizikai téma, amelynek tanításáról szinte semmit sem írtunk. Határt kellett szabni a terjedelemnek, s mi erre azt a megoldást választottuk, hogy inkább elhagytunk bizonyos témákat, amelyekben viszonylag kevesebb mondanivalónk lenne, vagy a szakirodalomban többet olvashatunk róla, s inkább koncentráltunk más, nálunk a szakirodalmi tájékozódás szempontjából kevésbé hozzáférhető problémákra, területekre. A „mindenről egy keveset" helyett a „fontosabb kérdésekről mélyebben" taktikát választottuk.

A könyvben általános pedagógiai, tudományelméleti, tudománytörténeti, fizikatörténeti hátteret adunk, kitérünk a nagyobb fizikai témák tanításának problematikusabb területeire. A tanítás konkrét kivitelezésével kapcsolatos példákat internetes honlapunk „Munkafüzet" című rovatába gyűjtöttük össze, melyek letölthetők és szabadon felhasználhatók.

Címe: http://www.tfk.elte.hu/tanszekek/fizika/webfiz/menu/kezdo.htm

Minden fejezethez készítettünk feladatokat is, amelyek a tanítással, a pedagógiai teendőkkel függnek össze, s az egyetemi-, főiskolai hallgatók segítségükkel mélyebben és gyakorlatiasabban elsajátíthatják az egyes fejezetekben leírt ismereteket (nem fizika feladatokról van szó).

A legtöbb fejezethez tartozik irodalomjegyzék, amellyel kapcsolatban azonban egy fontos megjegyzést kell tennünk. Nagyon sok idegen nyelvű, elsősorban angol forrást említünk. Elismerjük, hogy ezeknek egy jó része még csak nem is hozzáférhető egykönnyen Magyarországon, könyvtárakban sem találjuk meg. Kettős célja volt szerepeltetésüknek: egyrészt a szövegben hivatkozunk ezekre a forrásokra, tehát elemi követelmény, hogy bibliográfiai adataikat is megadjuk, másrészt azok számára, akik mégiscsak hozzájuthatnak ilyen irodalomhoz (külföldi ösztöndíj, vásárlás, könyvtárközi kölcsönzés) szerettük volna biztosítani a megfelelő információkat. Még így is igaz, hogy elvileg az irodalomjegyzékekben a hazai szakmódszertani irodalom jóval nagyobb arányban szerepelhetett volna. A hazai szakmódszertan szakmai, tartalmi irányultsága azonban nagyon sok esetben nem annak az iránynak felel meg, amit mi ebben a könyvben érvényesítünk. Polemizálhattunk volna az írásokkal, s akkor hivatkozások is lennének, de egy szakmódszertan tankönyv feladatát nem ebben látjuk. Így inkább nem folyamodtunk a hazai szakmódszertani irodalom nagyon részletes citálásához, inkább a saját elképzeléseinknek jobban megfelelő, de ezért inkább csak külföldön fellelhető forrásokat használtuk.

Kívánjuk az olvasónak, hogy könyvünk fejezeteinek tanulmányozásakor ugyanazt az élvezetet és izgalmat élje át, amit mi az íráskor éreztünk, s kívánjuk az egyetemi és főiskolai hallgatóknak, hogy eredményesen tudjanak belőle tanulni.

Budapest, 2002. január

a szerzők

1. BEVEZETÉS

NAHALKA ISTVÁN

1.1. Problémák a fizika oktatásában

Milyen attitűdökkel lehet olvasni egy szakmódszertan tankönyvet? Sok ilyen létezhet, de két elképzelhető beállítódás külön is szót érdemel. Az egyik az, hogy az olvasó - mondjuk a tanár szakos egyetemista vagy főiskolás - a fizika tanításának titkaiba akar betekintést nyerni. Az ilyen olvasó azt várja, hogy most végre megtudhassa, mit kell tennie a tanórákon, milyen trükköket alkalmazhat, mi a „hivatalos" menete a tanításnak, milyen szabályokat kell betartani, milyen eszközöket és hogyan kell alkalmazni. Egy másik lehetséges attitűd a következő: valójában felesleges a fizika szakmódszertannal foglalkozni, ha valaki jól tudja a fizikát, akkor jól tud magyarázni is, ettől jók lesznek az órái, ezen kívül nincs semmilyen titok, nincs is mit megtanulni, a szakmódszertan tankönyvek csak nyilvánvaló dolgokat tartalmaznak.

E két attitűd mögött meghúzódó gondolkodásmódok bizony nem könnyítik meg a fizika tanítására való tartalmas felkészülést. Az első abban hisz, hogy *a fizika tanításának van valamilyen kincstári útja*, ez pontosan leírható és megtanulható. Amikor - a dolgok természetéből következően - ebben csalódnia kell, és sokkal inkább talál bizonytalanságot, kétkedést egy szakmódszertan könyvben, mint kinyilatkoztatásokat, akkor könnyen elfordul a tárgytól és a könyvtől, s kialakítja lekicsinylő véleményét az un. szakemberekről (mondjuk e könyv szerzőiről). A másik beállítódás számára *láthatatlanok lesznek azok a nehézségek*, amelyek a biztonságos talajt jelentő szakmaiságon, a fizika tudományán túlmutatnak. A pedagógiai folyamat gondjait elsőroló könyv üres fecsegéssé válik az ilyen gondolkodásmód számára.

A fizika tanításához való, általunk ajánlott hozzáállás *kritikus gondolkodást igényel*. Azt javasoljuk, hogy ne higgyünk semmiféle kincstári útban, és ne gondoljuk azt sem, hogy a fizikának, mint tudománynak a kellő ismerete elég lehet a tartalmas tanításhoz (az természetesen nagyon fontos feltétel, hogy magas szinten birtokoljuk a tudományos ismereteket). Új attitűdök, gondolkodásmód kialakítását, személyes megformálását (konstrukcióját) e részfejezetben azzal igyekszünk segíteni, hogy őszintén feltárunk néhány - akár súlyosnak is nevezhető - problémát a fizikatanítással kapcsolatban. E problémák - reményeink szerint - rámutatnak, hogy a fizikatanítás kérdéseit nem tekinthetjük olyanoknak, amiket már régen megválaszoltak, s nem tehetünk úgy, mintha nekünk csak az lenne a dolgunk, hogy az így feltárt ismereteket elsajátítsuk. *A fizikatanítás alkotás, kreatív teljesítményt igénylő munka*, mert a tanár által leginkább követhetőnek tartott elképzeléseket egy konkrét tanulócsoport esetén kell alkalmazni. Túl ezen, szinte naponta meg kell küzdeni

azokkal a nehézségekkel is, amelyek a tanulócsoportoktól függetlenül is léteznek, s a fizikatanítás régi, makacs problémái. Nézzük ezeket közelebbről.

1.1.1. A fizikatanítás szakmai, szakdidaktikai problémái

Sokan gondolhatják a fizikatanítással ismerkedők közül, hogy különösen a hagyományosabb, klasszikus fizikai ismeretek tanítása terén *nem kell számolnunk szakmai, szakdidaktikai nehézségekkel*. A fizika egy fejlett tudomány, hagyományos részdiszciplínái, mint a mechanika, a hőtan, az elektromosságtan részletesen, s mindenfajta ellentmondás nélkül kidolgozott tudományos területek, ezek szakdidaktikai interpretációja nem szabad, hogy gondot jelentsen. Mi azonban most azt állítjuk, hogy egyrészt kifejezetten *szakmai, tudományos értelmezési nehézségekkel is kell számolni*, s különösen akkor találjuk magunkat szemben jelentős problémákkal, ha a *tanítás* szempontjából (s most csak a tanítandó fogalmakra, törvényszerűségekre, ezek leírására, logikai kapcsolataikra gondolunk) vizsgáljuk a kérdéseket. Két példát említünk a szakmai nehézségekkel kapcsolatban.

Lehet, hogy most sok olvasónk meglepődik, de mégis azt kell mondanunk, a *mechanika* tanítása „ezer sebből vérzik". E helyen nem elemezzük ezt részletesen, hiszen külön fejezetben foglalkozunk a problémákkal, de annyit érdemes megjegyezni, hogy tulajdonképpen már a Newton törvények kimondásával is a legtöbb tankönyvben, s ebből következően nagyon sok tanártársunk tanításában bajok vannak. A definíciók és tételek hibás körökbe kerülnek, a feltételeket nem eléggé tisztázó tételszövegeket olvashatunk, elégtelen meghatározásokat láthatunk a tankönyvek lapjain. A probléma a szakma számára is jól ismert, nem véletlen, hogy időnként szakmai viták tárgya a mechanika tanítása, s e vitákon nagyon gyakran alapkérdésekről esik szó (a részleteket ld. a mechanika tanításáról szóló fejezetben). Az sem véletlen, hogy több, egymástól alapvetően különböző szakdidaktikai megoldás van a mechanika tanítására, ami még nem lenne baj, de itt egymásnak ellentmondó megközelítések is vannak.

Régóta megoldatlan kérdés a fizikatanításban az *erőtér – mező kettősség problémája*. Különösen az általános iskolában jelentkezik ez a gond, ahol érthetően keresnek a tantervszerkesztők és a tankönyvírók megoldást arra a problémára hogy a gyerekek számára nem elég szemléletes az erőterek fogalma. Ha két test gravitációs vonzást gyakorol egymásra, vagy két pozitív töltésű test taszítja egymást, akkor pusztán a jelenségeket leíró egyenletek alapján távolhatásról is beszélhetünk: egymástól valamilyen távolságban lévő, de semmiképpen sem érintkező testek gyakorolnak egymásra hatást. Ezt a fizika „nehezen tűri", s a magyarázatokban megjelennek megoldások erre a problémára. Az elektromágneses hullámok számára közeget jelentő éter fogalma ellentmondásosnak bizonyult, vagyis egy sok mindenben a kémiai anyaghoz hasonlítható anyag jelenlétét a tudomány ma már nem fogadja el. Legalábbis egy olyan anyagét, amelyhez koordinátarendszer lenne rögzíthető, s ehhez képest lehetne leírni az elektromágneses tér változásait, pl. ehhez lehetne viszonyítani a fény sebességét. Ugyanakkor a James Clerk Maxwell (1831-1879) elmélet alapján az elektromágneses térhez, magához is anyagi tulajdonságok, impulzus és energia rendelhető. A kvantumfizika részecske-hullám kettősségébe illeszkedő foton-kép ismét egyértelműen az elektromágneses jelenségek anyagi jellegét húzza alá. S itt elérünk a szakmai probléma gyökeréig, hiszen elvileg a problémát fizikatudományi szempontból az elektromágneses

teret, valamint a kémiai anyaggal való kölcsönhatásait is leíró lehető legmodernebb elméletnek, jelesül a kavantum-elektrodinamikának kellene megadnia, azonban a ma rendelkezésünkre álló elméletek ellentmondásosak.

A tanítást a következőképpen érinti ez az iskolapadoktól rendkívül távolinak tetsző probléma. Könnyű lenne azt mondani, hogy létezik egy korrekt, akár axiomatizálható fizikai modell, rendszerleírás, elmélet, paradigma, amely egy absztrakt módon leírja a valóság egy szeletét. Ennek mondanivalója érinti azt, ahogyan elemi fizikai ismereteket tanítunk az iskolában, esetünkben a látszólag távolható testek közötti kölcsönhatások problémáját. A mély, a gyerekeknek persze nem tanítható háttérismeret tehát megvan. A modern fizika esetében azonban le kell mondanunk az abszolút szemléletességről a tanítás során, nem lehet popularizálni a meglehetősen elvont ismeretrendszert. Ekkor sem lehetetlen a „didaktizálás", tehát olyan, már szemléletesebb modellek kialakítása, amelyek sorozata vezet egy absztraktabb kép felé. Ilyenként értékelhetjük a kvantummechanikai ismeretrendszer középiskolai tanítására kialakított modelleket, amelyekben elkerülhető az absztrakt Hilbert térre, négyzetesen integrálható függvényekre, Schrödinger egyenletre hivatkozás, mégis lehetővé válik egy kis ablak nyitása a kvantummechanika csodálatos világára.

Ez az, ami a terek elméletével nem lehetséges, s ennek oka, hogy a fizika sem rendelkezik kellően átfogó, önmagában zártnak tekinthető elmélettel. Ha úgy tetszik, a fizikusok sem egészen értik, hogyan lehetséges két egymással nem érintkező test között a kölcsönhatás (persze sok mindent értenek belőle, vannak alternatív elméletek, de nincs kellően megnyugtató megoldás).

A szakmai problémák közt kell említenünk azt is – bár ez nem szakmai hibákkal kapcsolatos –, hogy *a fizika tanításának anyaga a közoktatásban nem tekinthető elég korszerűnek*. Ha megvizsgáljuk, könnyen megállapíthatjuk, hogy még a gimnáziumok számára készített tantervekben sem kellően reprezentált a huszadik századi fizika. A fizika modern ismeretanyagai tehát nem kapnak kellő teret a közoktatásban, nem jutunk előbbre az egyébként valóban nehezen tanítható modern fizikai részterületek kielégítő szakdidaktikai interpretációjában. Inkább elhagyjuk az igazán izgalmas részeket, eleve megoldhatatlan feladatnak tekintjük ezek tanítását. Kimaradnak a modern fizika olyan látványos területei, mint a kozmológia, a káosz tanulmányozása, a nem egyensúlyi termodinamika jelenségei, a fraktálok.

1.1.2. A fizika tanulásának eredményességéről

Az utóbbi időben jó néhány írás figyelmeztetett már, hogy a természettudományos nevelés eredményességével kapcsolatban jelentős problémák tapasztalhatók. Ez azért meglepő, s különösen fájdalmas jelenség, mert Magyarország a múlt század '70-es, '80-as éveiben a nemzetközi felmérések tanúsága szerint „természettudományi nevelési nagyhatalom" volt, az országok rangsorában az első helyeken „tanyáztunk". Az 1995-ben elvégzett vizsgálat már jóval gyengébb eredményeket mutatott. Nyolcadikos tanulóink az 1983-as természettudományi tesztben 25 ország közt kimagaslóan az első helyen végeztek, most ugyancsak 25 országból (ezek maximálisan teljesítették a mintavételi követelményeket) fizikából már csak hatodikak voltunk (Beaton és mts. 1996, 41. o.) Abszolút értékében ez nem rossz eredmény, csak az első helyhez képest jelent visszaesést.

Ismerjük a 12. évfolyamosok eredményeit is fizikából. A magyar tanulók 24 ország között a 19. helyet érték el, eredményük szignifikánsan gyengébb, mint a nemzetközi átlag (Gecső 1 998, 302. o.).

Legutóbb az OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development) országok körében végzett PISA (Programme for International Student Assessment) felmérés nyújtott összehasonlítási lehetőséget a magyar természettudományos nevelés eredményességével kapcsolatban. A felmérés szervezéséről könyvünk írásakor már ismertek a tények (Vári és mts., 2001). Az OECD honlapjáról (http://www.oecd.org) már bizonyos részeredményeket is ismerhetünk. 15 éves tanulóink teljesítménye nem tért el szignifikánsan az átlagtól, ami korábbi nemzetközi összehasonlító vizsgálatokban (beleértve az 1995-ös TIMSS vizsgálatot is) elért eredményeinkhez képest további romlást jelent.

Azt kell mondanunk tehát, hogy ma már nem tekinthetjük a hazai természettudományos nevelést, s azon belül a fizikaoktatást sem kiemelkedőnek. Bár az általános iskolások még viszonylag előkelő helyen szerepeltek, a középfokú képzést éppen elhagyókra ez már nem érvényes, s különösen a változások tendenciája aggasztó.

1.1.3. A fizika tanulásának problémái a gyerekek felől közelítve

Ebben a könyvben egy külön fejezetben taglaljuk a gyermeki elképzelések világát, ott majd bemutatjuk, hogy az egyes fizikai területekkel kapcsolatban a sajátosan szerveződő gyermeki világlátás milyen izgalmas jelenségeket produkál. Ebben a részfejezetben inkább a problémákról lesz szó, s azokat is igyekszünk kategorizálni.

A gyerekek előzetes tudásának figyelmen kívül hagyásából eredő problémák. A fizikatanítás során valószínűleg akkor követjük el a legkomolyabb hibákat, amikor nem vesszük figyelembe a gyerekek előzetes elképzeléseit egy-egy téma tanítása során. A konstruktivista pedagógiát bemutató fejezetben majd részletesen elemezzük, miért játszik kritikus szerepet a tanulásban az előzetes tudás. Most nézzünk néhány példát arra, milyen következményekkel jár ennek figyelmen kívül hagyása.

A mechanika, s ott is az alaptörvények megtanulását maguk a fizika tanárok is nehéz feladatnak tartják. Sokan úgy vélik, hogy a Newton törvények túlságosan elvontak, még a 15-16 éves tanulók számára is nehezen érthetők. Valószínűleg nem erről van szó. A későbbiekben még részletesebben bemutatjuk, hogy a mechanika tanulásának nehézségeivel kapcsolatban komolyan számolnunk kell azzal az előzetes tudással, amivel a gyerekek már rendelkeznek. Ez pedig lényegében megegyezik az arisztotelészi mozgásképpel, amely egészen másképpen értelmezi a testek mozgását, a mozgás okait, a változásokat. „Egyszerűen" arról van szó, hogy amikor mi át akarjuk adni a gyerekeknek Newton elgondolásait a mozgásokkal kapcsolatban, akkor ez összeütközik a gyerekek előzetes elképzeléseivel, s mivel ez számukra nem válik tudatossá (sajnos a legtöbb tanár számára sem), ezért képtelenek feldolgozni a konfliktust.

Hasonló problémákkal kell számolni az elektromosságtan tanulása során is. Vagy már a tanítás előtt, vagy a tanítás hatására a gyerekek felépítenek magukban egy modellt az elektromos jelenségekkel kapcsolatban. Ennek lényege egy mechanisztikus kép az elektronoknak a vezetékben, mint egy csőben történő mozgásával kapcsolatban. Az elektromos jelenségek oka ez a töltésvándorlás lesz a gyermeki elképzelések szerint, s ennek

megint csak „furcsa” következményei lesznek. A gyerekek többsége sajnos sohasem érti meg a kívánt szinten a feszültség fogalmát, mert azt gyakorlatilag azonosítja az áramerősség fogalmával. A tanár küszködik, mindent megtesz azért, hogy a gyerekek megértsék a feszültség fogalmát, de ha az előzetes tudás hatását nem veszi figyelembe, illetve ha nem ismeri ezt a jelenséget, akkor fáradozásai nagy valószínűséggel sikertelenek maradnak (sajnos ez nincs kizárva az ellenkező esetben sem).

Számos esetet ismerünk, amikor a gyerekek tanulási nehézségeit az okozza, hogy képtelenek egymástól világosan elkülöníteni bizonyos fogalmakat, így pl. bizonyos fizikai mennyiségeket is. Az egyik leghíresebb példa erre a hőmérséklet és a hő (az energia) „összemosása”, aminek lehet következménye akár az is, hogy a gyerek szerint két pohárban lévő 30 °C-os vizet összeöntve 60 °C-os vizet kapunk. A tanár, aki esetleg nem ismeri ezt a problémát, hanyagságra, oda nem figyelésre, a tanulás félvállról vételére gyanakszik, pedig jobb lenne, ha a jelenséget valamilyen okokkal logikusan magyarázhatónak tekintené, s inkább utánanézne, mi lehet ez az ok, s hogyan orvosolható a probléma.

A gyerekek képességeinek kárhoztatása. Gyakran halljuk még pedagógusok szájából is, hogy *xy* tanuló gyenge (vagy jó) képességű, ez egy gyenge képességű osztály, stb. Létezik egy lényegében naivnak tekinthető pedagógiai elmélet, amely szerint van valamilyen fura, soha komolyabban nem megmagyarázott, soha meg nem talált „képességünk”, valami olyan tulajdonságunk, amely alapvetően meghatározza, hogyan tudunk teljesíteni az iskolában. Az elképzelés (a naiv elmélet) egyrészt szakmailag teljesen megalapozatlan (nincs egyetlen képességünk, az e fogalmat használó elméletek szerint is megszámlálhatatlan sok képességünk van), de elfogadhatatlan az a mögöttes beállítódás is, amely szerint ez a „képesség”-nek nevezett valami ráadásul kívülről nem befolyásolható, nem változtatható meg.

A fizikához is ilyen „képesség” kell sokak szerint. Van, akikben ez megvan, van, akikben nincs. Pl. széles körben elterjedt még tanárok (férfi tanárok) között is, hogy a lányok kevésbé rendelkeznek ezzel a „képességgel”. A fiúk és a lányok fizikatanulása között valóban van különbség, ez az eltérő szocializációjukra vezethető vissza, de szó sincs valamilyen fátum-szerűen érvényesülő, titokzatos törvényszerűségről.

Attitűdök a fizika tanulása iránt. Az utóbbi időben számos kutatás, vizsgálat foglalkozott a fizika tanulása iránti beállítódásokkal. Az eredmények ránk nézve lesújtóak. A fizika általában a rangsor végén található (a kémiával karöltve), amikor arra kérik a gyerekeket, hogy rangsorolják a tantárgyakat. A nemzetközi TIMSS (Third International Mathematics and Science Survey = Harmadik nemzetközi matematika és fizika vizsgálat) mutatott rá egyrészt a problémákra. A nyolcadik évfolyamra járó gyerekek esetében, pl. a felmérésben szereplő 39 ország között a magyar gyerekek adták az egyik legnagyobb arányban azt a választ, hogy nagyon szeretik, vagy szeretik a biológiát, s ugyanez volt a helyzet a földrajzzal is, míg a fizikai tudományokkal (fizika, kémia) kapcsolatos ilyen válaszok aránya Magyarországon volt az egyik legkisebb érték (Beaton és mts. 1996, 122. o.). A 12. évfolyamosok esetében aztán a helyzet már teljesen egyértelművé válik (Mullis és mts. 1998, 101. o.): a mi 18 éveseink mondták a 21 felmért országból a legkisebb arányban, hogy szeretik vagy nagyon szeretik a fizikát (28%), s ugyanez a helyzet a kémiával is (24% - sovány vigasz, ha az egyáltalán, hogy a fizikáé magasabb érték). Csapó Benő és

munkatársai mutatták ki egy nagy, szegedi és Szeged környéki mintán a fizika (nem) kedveltségében mutatkozó jelentős problémát (Csapó 1998). Saját (egyelőre még nem publikált) vizsgálatainkban kecskeméti és Kecskemét környéki hatodikosok körében (egy éve tanultak fizikát) mutattuk ki, hogy a rangsorban a fizika az utolsó.

A probléma azonban nem egészen ez. Hiszen jóval kevésbé zavarna bennünket, ha úgy lenne a fizika az utolsó, hogy a lista minden elemével kapcsolatban pozitívak lennének az attitűdök, s kis különbségek lennének az elől és a hátul sorakozó tantárgyak között. Ha a jelenlegi helyzetben sikerülne jelentős mértékben megnövelni a fizika kedveltségét, s hirtelen előre rukkolna, akkor egy másik tantárgy kerülne az utolsó helyre, s az általános probléma nem oldódna meg. A probléma tehát az, hogy vannak tantárgyak, amelyekkel kapcsolatban negatív attitűdök alakulnak ki a gyerekekben, s valójában ezt a pedagógiai helyzetet kell elemeznünk. Így az okok vizsgálata sem állhat csak abból, hogy az elől- és a hátul álló tantárgyak közötti különbségeket elemezzük. Ez hasznos lehet, közelebb juthatunk egy hiteles kép kialakításához. De nem lehet megoldani a problémát a tantárgyak közötti kedveltségi viszonyok átstrukturálásával, ez önmagában szűklátókörűség lenne.

1.1.4. A fizikatanítás szemléletmódjával összefüggő problémák

A fizikatanítás hazánkban túlságosan a feladatmegoldásra koncentrál. Az érdekek természetesen világosan felismerhetők: amennyiben a fizika felvételin döntő szerepe van hat feladat megoldásának, akkor minden fizikát tanító elemi érdeke az ezekre való felkészítés. Itt ugyan lenne egy választási lehetőség, s elvileg lehetséges lenne egy „igazi" problémamegoldó képesség fejlesztése a fizika tudásterületein, jó fizikai világkép, kritikus gondolkodás kialakítása, hogy a tanulók meg is tudják oldani a felvételi feladatokat, de ennél valójában sokkal szélesebb körű fizikai műveltséget is szerezzenek. Ennek a nehezebb útnak a végigjárására azonban csak nagyon kevesen vállalkoznak. Kevésbé kockázatos, ha túlbiztosítással begyakoroltatjuk a lehetséges fizika típusfeladatok megoldását, azokat a mechanikus algoritmusokat, amelyek elégségesek a hat felvételi feladat „leküzdéséhez".

Szintén a fizikatanítás problémája, hogy igazodva a magyar oktatás általános módszertani kulturáltságához, a fizikaórán sincs differenciálás. Igaz ugyan, hogy a pedagógusok, a tankönyvek, a tantervek, az egész fizikatanítás a magasabb szintű, tudományosabb fizika tananyag elsajátításában érdekeltek (a leendő felvételizők) igényeinek alárendelten működnek, a végeredmény azonban mégsem elégítheti ki még őket sem. Az egyoldalúan tudományközpontú oktatást kapja mindenki, teljesen függetlenül attól, hogy erre van szüksége, vagy sem. De azért az osztály átlagához való igazodás terhét a pedagógusok nem tudják levetni, s ezt megsínylik azok is, akik mélyebben, elméletigényesebben, egészen egyszerűen másképpen tanulnák legszívesebben a fizikát. Nem azt mondjuk, hogy külön kell választani a „fizikából okosakat" a „fizikából gyengébbektől", bár magasabb évfolyamokon - ha kivitelezhető - ez is indokolt lenne. Nem csak egyszerűen többet kellene tanulniuk az első csoportba tartozóknak, hanem mást és másképpen. Nem különválasztva a többiektől - legalábbis alacsonyabb évfolyamokon -, hanem egy differenciális pedagógiai eljárásrendszer keretei között. Ez ma nem történik meg.

A fizikatanítás alaplogikája Magyarországon még mindig az induktív-empirista tudományszemlélet logikája. Fizikatanárok és szakdidaktikai szakemberek szinte egyöntetűen vallják, hogy a fizikát megismerni a tapasztalatokból, vagyis a

megfigyelésekből, a kísérletekből, a mérési adatokból kiindulva lehet. E kép szerint a kutató a tapasztalatokból kiindulva, azokat általánosítva, a fogalomalkotás induktív útját végigjárva, az absztrakció lépcsőfokain felfelé haladva alakítja ki a fizikai világra vonatkozó ismereteket. Elvárjuk az iskolában a tanulóktól, hogy a fizikát, mint tudományt, mint a természet megismerésének egyik alapvető területét így szemléljék, fogadják el, hogy abban a megismerési folyamatok minden kétséget kizáróan így működnek. Közben nem vesszük észre, hogy e kétségtelenül lehetséges felfogása a fizikai megismerési folyamatoknak egyre inkább háttérbe szorul. Egyre erősebbé válik viszont, s ma már a fejlett fizikaoktatás keretei között uralkodónak tekinthető az a felfogás, hogy a folyamat éppen fordított, a fizikai megismerés is, mint minden más megismerési folyamat elméletirányított.

A fizikatanítás keretei között megfelelő tudományképet is ki akarunk alakítani, azonban ma már kétséges, hogy az induktív-empirikus tudományfelfogás erre megfelelő-e. Valószínűleg nem, s törekednünk kellene arra, hogy a gyerekek elsősorban a modern tudományelméletekhez igazodó képet nyerjenek a fizikáról, mint emberi tevékenységről.

E probléma jelenik meg valójában abban is, hogy a fizikatanítás a tanulás folyamatát tekintve is ódivatú. A pedagógiában nemzetközi szinten ma már meghatározó szerepet játszik, s éppen a fizikaoktatás területén hozza a legtöbb izgalmas eredményt a tanulás folyamatának egy a megszokottól, a hosszú időn keresztül uralkodó felfogástól lényegesen eltérő szemlélete. Miközben mi még mindig abban gondolkodunk, hogy a gyerekek is - hasonlóan a tudósokhoz - az elemi tapasztalatokból kiindulva, mintegy „alulról-felfelé haladva” ismerik meg a fizikai világot, s eközben a külső ismeretforrásokból mintegy átveszik a megfelelő tudást, a törvényszerűségeket, addig a legmodernebb programok (s azok elméleti háttere) szerint a gyerekek a tudást konstruálják, aktívan építenek magukban világokat, amelyek ezáltal rendkívül személyesek lesznek. E folyamat meghatározó eleme és kiindulópontja nem a tapasztalat, hanem az előzetes tudás, az a világkép, amelyet a gyermek már birtokol az adott tanulnivalóval, jelenségvilággal kapcsolatban. A gyermek aktív módon használja meglévő kognitív rendszereit a rá záporozó információk feldolgozásában, s ez a folyamat nagyon sokszor furcsaságokat produkál. A tanuló ragaszkodik eredeti elképzeléseihez, ha kell, megmásítja a tapasztalatot, kreatív módon olyan magyarázatokat konstruál, amelyek nem azonosak a tudomány magyarázataival, de megfelelnek az ő elvárásainak, s annak az igénynek, hogy fennmaradjanak korábbi elképzelései. A gyerekek elsajátíthatják a fizikai ismeretek nyelvi megformálásait, a tankönyvekben szereplő vastag betűs szövegeket, miközben valójában a „valós világról” egészen mást gondolnak. Képesek arra is, hogy minden életszagtól megfosztott feladatok megoldási algoritmusait megtanulják, és jól begyakorolják, mert a pedagógiai folyamatokban ez velük szemben az elvárás.

Létezik egy „iskolafizika” és van egy „életfizika”. Az „iskolafizika” addig tart, amíg tartania kell, amíg megírjuk a dolgozatot, amíg felelünk belőle. Utána elfelejthető, mert ennek a tudásnak nincs semmilyen pedagógiai szituációkon kívüli adaptivitása.

1.2. A fizika szakmódszertan, mint tudomány

Vajon hogyan különíthetők el az egyes tudományok egymástól? A kérdést azért akarjuk legalább hozzávetőlegesen megválaszolni, mert munkánkat el akarjuk helyezni a szellemi

vállalkozások között, szeretnénk - amennyire lehet - világosan megmondani, hogy a fizika szakmódszertan hol helyezkedik el a tudományok sorában.

A tudományok *rendszereket* vizsgálnak úgy, hogy *modelleket* alkotnak a megismerendő objektumokkal kapcsolatban, s a modellek valójában elemekből felépülő, s ezen elemek kapcsolataiból formálódó rendszerek. Ez a kijelentés elég természetes lehet a természet kutatója számára. Egy fizikus, egy vegyész vagy egy biológus nem lepődik meg azon, hogy tevékenységének tárgyai olyan *gondolati modellek*, amelyeket a valóságos rendszerek megismerése során alkot, s amelyek maguk is rendszerek. A fizika olyan rendszereket vizsgál, amelyeknek elemei merevnek tekintett testek; vagy akár azok további idealizációi (hiszen maguk is idealizációk), a tömegpontok; deformálható testek; viszonylag egyszerű paraméterekkel leírható, a merev testektől eltérő tulajdonságokkal rendelkező anyagi rendszerek (gázok, folyadékok); valamint erőterek (más megnevezésben: mezők). A fizika igyekszik megadni e rendszerelemek *állapothalmazait*, s az *állapotváltozásokat* az idő függvényében, különböző kölcsönhatási körülmények között. Még pontosabban: a fizika azokat a törvényszerűségeket igyekszik feltárni, amelyek az ilyen *rendszerleírásokat* lehetővé teszik (hiszen lehet, hogy a konkrét rendszerleírást már egy mérnök végzi el, a fizikus „csak" az ehhez szükséges összefüggéseket tárja fel).

A kémia - leegyszerűsítéssel - a „molekula" nevű rendszereket vizsgálja, hogy hogyan alakulnak ki, milyen állapotaik lehetnek, hogyan zajlanak a kölcsönhatásaik, hogyan építenek fel még nagyobb anyagi rendszereket, stb. A biológia rendszerei az élő rendszerek, vagyis a sejtek, s az azokból hierarchikusan felépülő még magasabb szintű rendszerek. Mindezen tudományok a vizsgálataik tárgyáról modelleket alkotnak, ami nem pusztán az elemek felsorolását jelenti, hanem lehetséges állapotaik megadását is, a rendszer környezetével való kölcsönhatásának, s azoknak a törvényeknek a leírását is, amelyek megszabják, hogy milyen módon alakul a rendszer állapota a jövőben. Ugyanazokra az elemekre és ugyanolyan környezetekre más és más törvényszerűségeket is alkothatunk, ekkor keletkeznek ugyanazon tudományágon belül az elkülönülő, rivális elméletek, vagy más, összetettebb megjelöléssel a paradigmák (a „paradigma" szó hozzávetőlegesen elméletek, gondolkodásmódok, speciális kérdésfeltevések, fogalomrendszerek, sajátos módszerek összességét jelenti - Kuhn 1984/1962).

A természettudományok esetén tehát viszonylag jó leírást adhatunk vizsgálataik tárgyáról, ha azokat rendszereknek gondoljuk, s azt mondjuk, hogy e rendszerekkel kapcsolatban a természettudományok modelleket alkotnak. A *tanítás, a tanulás jelenségei* nyilvánvalóan másféle tudományok vizsgálódási terepét jelentik. Mindenki tudja, hogy az illetékes tudomány ezen a területen a *pedagógia*. Lehet-e vajon a pedagógia tárgyát is jellemezni az előbb leírt módon? Igen lehet, még ha ez nem is oly természetes számunkra, mint a természettudományok esetében.

A pedagógia is rendszereket vizsgál, mégpedig ezek *a nevelés feladatára alakult emberi csoportok, mint rendszerek*. Ilyen rendszer az iskolai osztály, de már a tanár-tanuló páros is, az iskola, egy ország iskolarendszere, de ilyen a család, sőt az a kicsit furcsa, de a neveléstudomány számára egyre fontosabbá váló rendszer is, amely egy tanulócsoport tagjaiból, a velük foglalkozó összes pedagógusból és a tanulók családtagjaiból áll. Bármennyire is bizarr a természettudományos analógia, mégis termékenynek gondoljuk: a pedagógia megkísérli leírni az ilyen típusú rendszerek elemeinek, s így az egész rendszernek az állapotait, s próbál felállítani olyan törvényszerűségeket, amelyek megadják, hogyan

változnak ezek a rendszerelemek, s ennek eredményeként a belőlük felépülő rendszer. Eközben figyelembe veszi valamilyen módon a környezet hatásait. *A pedagógiai elméletek is rendszerleírások*, azokban is *állapothalmazokkal*, *állapotfüggvényekkel*, vagyis *modellekkel* van dolgunk, csak ez egyáltalán nem nyilvánvaló, s különösen nem oly magas szinten formalizált a matematikai eszközeivel, mint amilyenek a fizika modelljei.

Ha így jellemezzük a tudományokat, s közöttük a fizikát és a pedagógiát, akkor milyen módon jellemezhetjük vajon a fizika szakmódszertanát? Egyáltalán, tudományról van szó ebben az esetben is? Ha igennel válaszolunk, akkor is fel kell tenni a kérdést, hogy vajon önálló tudomány-e (s ha igen, akkor milyen értelemben), illetve hol helyezkedik el a „tudományok tengerében"? Úgy véljük, hogy *a fizika szakmódszertan tudomány, önállónak tekinthető*, legalább viszonylagosan (ezt azonnal megmagyarázzuk), s *a pedagógiával van szorosabb kapcsolatban* (ezt is meg kell még magyaráznunk). A fizika szakmódszertan, mint ahogy minden tantárgyi módszertan is rendszereket vizsgál, méghozzá *specifikus feladatokat ellátó pedagógiai rendszereket*. Olyan, a nevelés feladatának ellátására kialakult közösségek jelentik a vizsgálatainak tárgyát, amelyek céljukként a tanulók fizikai tudásának növelését, az e területen való tanulást tűzték ki célul. Ez jól meghatározható, jól modellálható rendszert jelent, s ez egyértelműen a tárgya a fizika szakmódszertannak, tehát valóban azt kell mondanunk, hogy ez egy tudomány (legalábbis az általunk adott értelmezés szerint).

Ezek a gondolatok azonban még nem bizonyítják, hogy *önálló* tudomány, vagyis, hogy az általa vizsgált rendszerek csakis általa és semelyik más tudomány által nem vizsgált rendszerek. Ebben az értelemben a fizika szakmódszertant relatíve önállónak kell tekintenünk, mert a tárgyát képező rendszerek valójában a pedagógia rendszerei, hiszen pedagógiai közösségek, a nevelés feladatára alakult emberi csoportok. Ez azonban nem jelenti azt, hogy a fizika szakmódszertant teljesen a pedagógia alá kellene rendelnünk. A pedagógia nem tárgyalja ezeknek az emberi integrációknak a kifejezetten a fizika tanításával és tanulásával kapcsolatos jellegzetességeit, tehát a pedagógia egyes területeinek nem válik részévé az a tudás, amelyet a fizika szakmódszertana alakít ki. Ebben az értelemben tehát *ezt a tudományt önállónak kell tekinteni*. A „*relatíve*" szó azért szükséges, mert *a szakmódszertani tudományok által vizsgált rendszerek egyben pedagógiai rendszerek is*.

A szakmódszertan és a pedagógia közötti viszony nagyon hasonlít a pedagógia és a szociológia közötti viszonyra. A szociológia emberi csoportokat vizsgál, elemzett rendszerei az emberekből felépülő bonyolult társadalmi rendszerek. Ezek között ott vannak a nevelés feladatára alakult pedagógiai rendszerek is, mégsem mondjuk azt, hogy a pedagógia a szociológia része lenne. Hiszen a szociológia egyáltalán nem tárgyalja a pedagógiai közösségek sajátos, csak ezen második tudomány által vizsgált tulajdonságait. A pedagógia modelljei mások, mint a szociológia modelljei. Más kérdés, hogy természetesen a két tudomány között nagyon erős kapcsolatok vannak, s mindkettő gyakran fordul a másikhoz segítségért, vagyis speciális modellekért, összefüggésekért.

1.3. A fizika szakmódszertan modelljei

Miután tisztáztuk, hogy ennek a könyvnek a szerzői hogyan viszonyulnak a fizika szakmódszertan önálló tudomány jellegéhez, válaszoljuk meg azt a kérdést is, hogy milyen természetűek azok a modellek, amelyek a fizika tanulásával és tanításával kapcsolatban a

fizika szakmódszertan tudományában kialakultak. Ezek a modellek szorosan kapcsolódnak pedagógiai és pszichológiai rendszerleírásokhoz. Maguk a modellek természetesen korábban elkészült fizika szakmódszertan tankönyvekben, kézikönyvekben, a felsőoktatásban a fizika tanárok képzése során használt tananyagokban, s az oktatási gyakorlatban találhatók meg. Ezek tipizálása, osztályozása többféleképpen megtehető, ahogyan minden csoportosítás, osztályozás választott szempontok függvénye, s általában többféle csoportosítási szempont választására van lehetőségünk.

Mi most a különböző fizika szakmódszertani modellek, gondolkodásmódok leírására, tipizálására két szempontot választunk. Az egyik, hogy *milyen elkötelezettség alakul ki a tanulás folyamatának értelmezésével kapcsolatban*. Egyrészt tehát a szerint igyekszünk fizika szakmódszertani látásmódokat megkülönböztetni egymástól, hogy milyen álláspontot alakítanak ki a nyilvánvalóan központi szerepet játszó *tanulás* fogalomról, arról, hogy a legkülönbözőbb korú tanulók milyen módon, milyen logikával, milyen körülmények között, s e körülmények milyen optimalizálása keretében sajátítják el a fizikai tudást. Másképpen úgy is fogalmazhatunk - némi leegyszerűsítéssel -, hogy milyen különböző felfogások alakultak ki a „jó fizika óráról", mitől tekintettek és tekintenek megfelelőnek egy foglalkozást, mikor mondhatták azt, hogy itt valóban a gyerekek (vagy felnőttek, hiszen néha róluk is szó van) egy előre rögzített értelemben jól elsajátították a fizikát.

A kategorizálás másik szempontja *a fizikaoktatás célja* lesz. Látnunk kell, hogy a fizika tanulás és tanítás minőségének meghatározása nem eleve adott, nem valamifajta abszolút érték, amelyet csak meg kell vizsgálni konkrét esetben, hogy érvényesül-e. Sokak számára az a „jó" fizikaoktatás, amelynek eredményeként *a gyerekek vissza tudnak mondani tételeket, törvényeket, ismerik az alapvető összefüggéseket*. Mások ugyanezen ismeretek *alkalmazásában* látják a minőség mutatóját. Tudjon a gyerek feladatokat megoldani, jelenségeket magyarázni azzal a tudással, amit megszerzett. Megint mások a *szemléletben*, a fizikai világra vonatkozó tudás összerendezettségében láthatják az eredményességet. Lehetnek - és vannak - olyanok, akik *a fizikai ismeretrendszerek társadalmi gyakorlatban való felhasználni tudását* tekintik a legfontosabb ismérvnek, ha azt kérdezzük tőlük, mikor tekinthetjük a fizikai tudást, a tanulási folyamatot megfelelőnek. Különböző koordinátarendszerek lehetségesek tehát, s ami az egyik koordinátarendszerben megfelelő, az lehet, hogy a másikban nem, vagy esetleg súlytalanná, sokadlagossá válik.

Most megkísérelünk elkülöníteni sajátos fizika szakmódszertani látásmódokat. Az általunk még többször használandó kifejezéssel élve: megállapítjuk, milyen *paradigmák* léteztek és léteznek e tudományterületen. A két fő szempont, tehát a *tanulásfelfogás* és a *cél* közül kissé nagyobb hangsúlyt adunk az elsőnek, s a cél kérdésében kialakított elképzeléseket, felfogásokat hozzárendeljük a tanulásparadigmák mondanivalójához.

1.3.1. A „szavak és könyvek pedagógiájára" épülő fizika szakmódszertan

Az egyik viszonylag jól kitapintható szemléletmód a szakmódszertanban *a fizikai ismeretek egyfajta átadására és átvételére, asszimilálására építő elgondolás*. Ezek szerint a fizika tanulása során a gyerekek a pedagógustól, vagy könyvekből, esetleg modernebb eszközök (videó, számítógép, stb.) közvetítésével *kapnak* ismereteket, ezeket *befogadják*, s a későbbiekben képesek lesznek *visszaadni*. Ez az *ismeretátadás és ismeretátvétel*, vagy

másképpen *a szavak és a könyvek pedagógiája*, amelyben a tanuló nem a fizikai valóságnak azokkal az elemeivel kerül kapcsolatba, amelyekről éppen tanul, hanem ezeknek az elemeknek mások általi interpretációival. Ez azt jelenti, hogy a mások által a fizikai objektumokról és azok viselkedéséről kialakított képet tanulja meg valójában a gyermek, s nem találkozik azokkal a jelenségekkel, testekkel, erőterekkel (mezőkkel), amelyekről éppen tanul.

A történelem során ez a fajta tanítás és tanulás nagyon hosszú ideig uralkodó szerepet töltött be. Lényegében uralta az emberiség tanulásról (s többek között a fizikai világ megismeréséről) kialakított felfogását a középkor végéig, s ma sem teljesen példa nélküli a pedagógiai gyakorlatban. Ismerünk fizika tanárokat, akik legfeljebb elvétve mutatnak be tanulóiknak kísérleteket, a megfigyelés módszerét szinte soha nem alkalmazzák, pusztán a szavak, a velük együtt járó magyarázó ábrák, s a gyakorló feladatok jelentik tanításuk tárgyát. Természetes, hogy ebben a helyzetben a *tankönyv* válik a legfontosabb taneszközzé. Ilyen körülmények között a tanulók valójában szövegeket sajátítanak el, a körülöttük zajló események magyarázatával kapcsolatosan az így elsajátítottakat csak esetlegesen tudják felhasználni, még a gyakorlati alkalmazások is megtanulandó szövegekké válnak.

Az itt jellemzett fizika tanulási és tanítási felfogásra épülő szakmódszertan legfőbb kérdései, hogy miképpen lehetnek a tanár magyarázatai tökéletesek, hogyan kell készíteni megfelelően eligazító, magyarázó és szemléltető tankönyveket, hogyan kell értékelni a gyerekek „leckefelmondásait", hogyan strukturálható a tananyag, hogy maximálisan megfeleljen a fizika szakmai elvárásainak. Az ilyen szakmódszertan *a tudományt a jól elrendezett ismeretek tárának tartja*, még a tudomány fejlődését is sorbarendezhető ismeretdarabokként tálalja a gyerekek számára. A tudomány ebben a képben „korábban létezett", mára produkálta az ellentmondásmentes képet a világról, vagy ha fel is merültek régebben ellentmondások, azokat mára kiküszöbölték. *A fizikatanár funkciója* ebben a szemléletmódban *a közvetítés*, minél magasabb színvonalon, minél inkább megfelelve a tudomány elvárásainak. A fizikatanár tehát mindenek előtt legyen a fizika kiváló ismerője. A példakép a tudós tanár típus.

A gyerekek befogadják, asszimilálják az ismereteket, tehát közöttük különbségek csak annyiban képzelhetők el, amennyiben különböző felfogóképességgel, valamint különböző tanulásra való késztetettséggel rendelkeznek. Ezek a tényezők azonban egyrészt genetikailag, másrészt a családi, társadalmi háttér által meghatározottak, a tanár által nem befolyásolhatók. A fizika iránti vonzalmak (hosszú távon ható motivációs rendszer) kialakítása - ebben a képben - vagy nem feladata a tanárnak, vagy csak annyiban, hogy a lehető legérdekesebben be kell mutatnia a tudományt a gyerekek számára, s ők egyéni indíttatásaiktól függően fognak jobban vagy kevésbé érdeklődni a fizika tudománya iránt. E szemléletmód szerint *a differenciálásra, a gyerekek különböző módon való kezelésére sincs szükség*, legfeljebb annyiban, hogy az érdeklődőbb, tehetségesebb gyerekek kaphatnak kicsit többet, kaphatnak nehezebb tanulnivalót és feladatokat.

Akik így gondolkodnak a fizikatanításról és -tanulásról, azok a célt a korrekt, pontosan visszaadható tudásban látják elsősorban, vegyítve általában egyfajta feladatmegoldó képességgel. Ez utóbbi azonban azokra az évszázadokon keresztül kikristályosított típusfeladatokra vonatkozik, amelyeknek megoldása begyakorolható, a megoldás is mintegy tudássá, bemagolható ismeretté válik.

Az itt jellemzett, a tudásátadást és tudásfelvételt középpontba állító fizika szakmódszertani felfogás önmagában egy *zárt, korrekt, ellentmondásokat nem tartalmazó elméleti rendszer*, a gyakorlatban megvalósítható, s meg is valósul. Eredménye általában *a tanulócsoportok megoszlása* a fizikát szeretők és szívesen tanulók, valamint a fizikával nem túl jó barátságban lévők csoportjára. Következménye továbbá az *életidegenség*, vagyis az, hogy az így tanuló gyerekek másoknál nehezebben oldanak meg gyakorlati problémákat, nehezebben ismerik fel a „való életben" a tudásuk segítségével elemezhető helyzeteket, a megszerzett fizikai ismereteik segítségével megoldható, életszerű problémákat. Nehéz tehát számukra a „fordítás" megtanult tananyag és a valóságos problémák között.

További következmény egy *merev kép kialakulása a fizika tudományáról*, hiszen az így tanuló gyerekekben elsősorban az a kép formálódik meg, hogy a fizikusok a történelem folyamán kitaláltak bizonyos dolgokat, amelyek mindenképpen igazak, s nekünk most ezeket meg kell tanulnunk. E gyerekek közül sokan valószínűleg nehezen tudnának válaszolni olyan kérdésekre, hogy vannak-e ma is fizikusok, mit csinálnak, milyen eredmények születtek az elmúlt egy-két évtizedben. E torz tudománykép jellemző vonása még, hogy a fizikát kiszakítja a társadalmi folyamatokból, a fizikusoknak nevezett „éteri", minden fölött álló lények nem hús-vér emberek sok így tanuló gyermek számára.

Legyünk őszinték: nem valami szívderítő feladat egy „ilyen fizikát" megtanulni. Pedig ez a szakmódszertani szemlélet viszonylag széles körben hat, még ha igaz is, hogy ilyen és ehhez hasonló elméleti konstrukciókat soha nem szabad azonosítani teljesen a valóságosan létező gyakorlattal, így pl. nem húzhatjuk rá tökéletesen egyetlen szakmódszertan tankönyvre, kézikönyvre, vagy egyetlen egyetemi, főiskolai fizika szakmódszertanos gondolkodására sem, s valószínűleg nem azonosítható „egy-az-egyben" egyetlen fizikatanár látásmódjával sem.

1.3.2. A szemléltetés pedagógiájára épülő fizika szakmódszertan

A pedagógia történetében megszületett az újkor hajnalán egy az előbb jellemzett gondolkodásmódtól lényegesen eltérő felfogás a tanulásról, s ennek jelentős hatása volt aztán a fizika szakmódszertani elképzelések formálódására is. Elsősorban az angol empiristák (Francis Bacon, John Locke, David Hume, George Berkeley, csak néhányat említve) munkásságának köszönhetően kialakul az *empirizmus filozófiája*, az az elképzelés, hogy *az emberi megismerés forrása maga a valóság*, s a folyamat legfontosabb tényezője a valóságos *tapasztalat*, amely elsősorban *az emberi érzékszervek* működésének eredménye. *Comenius* (1992) megformálja az ennek a gondolkodásmódnak leginkább megfelelő pedagógiát, a *szemléltetés pedagógiáját*. A gyermek kell, hogy lássa, hallja, tapintsa, ízlelje, szagolja a világ jelenségeit, mert így jöhetnek létre *elemi észleletei*, azok a „lenyomatok", amelyek *hű tükörképei a valóságnak*, s az egész megismerési folyamat alapját képezik.

A fizikai világot az empirizmus szerint úgy ismeri meg a gyermek, hogy látja a mozgásokat, hallja a hangjelenségeket, tapintja a testek felületét, alakját, s ezekből az érzékletekből kiindulva vesz észre bizonyos *összefüggéseket*, vesz észre azonosságokat és különbségeket. Elemi „felfedezései" alapján *csoportosíthat, osztályozhat, sorrendeket alakíthat ki*, s ezek a nagyon egyszerű műveletek megteremtik a *fogalmak* megalkotásának alapját. Ez a folyamat *absztrakció* és *általánosítás*, a fogalmakban megjelenő ismeretek már nem közvetlenül az érzékletekre és az azokat kiváltó külső tényezőkre vonatkoznak pusztán,

hanem azoknál elvontabbak, illetve az értelmezésük kiterjesztett olyan jelenségekre, tárgyakra is, amelyekről nem is volt közvetlen benyomásunk, észleletünk. A fizikában a tér és idő, a mozgás, a test, az alak, a halmazállapot, az erőtér (a mező) és nagyon sok más fogalom absztrakcióval és általánosítással keletkezett, valójában eredeti tapasztalatainkon, észleleteinken alapszik. „Semmi sincs az értelemben, mielőtt nem létezett a szemléletben" vallják az empiristák (a híres, és nagyon sokak által idézett állítás eredetileg John Locke megfogalmazása), s ezzel egy egészen új ismeretelmélet jön létre, vagyis a gondolkodók kezdik a korábbiakhoz képest lényegesen másképpen látni a megismerési folyamatokat.

A fizika, mint tudomány fejlődésében jelentős tényező az empirizmus megszületése. Nyomában az a ma már számunkra természetes követelmény fogalmazódik meg, hogy *a fizikai világ megismerése során elengedhetetlen a valóságos világgal való kölcsönhatásunk során szerzett tapasztalataink felhasználása*. Az empirizmus ezt az összefüggést szélsőséges formában fogalmazza meg: a tapasztalatok nem csak, hogy szükségesek, de valójában *minden tudásunk kiindulópontját jelentik*. Az emberiség teljes tudása, benne a fizikai elméletekkel, törvényszerűségekkel a lehető legegyszerűbb érzéki tapasztalatokra épül.

Nagy hatású elmélet ez, amelynek kialakulása lényegében egybeesett a természettudományok, s elsősorban a fizika *Galileio Galilei* (1564-1642) és *Isaac Newton* (1643-1727) által elindított fejlődési periódusának nyitányával. A fizikai jelenségek kutatásában a *kísérlet,* a *megfigyelés,* a *mérés* lesz a döntő módszertani kérdés, elemi követelménnyé válik az ismeretek valóságos tapasztalatokra alapozása, gondos összegyűjtésük, elemzésük, a belőlük levonható következtetések megfogalmazása.

A pedagógiában szinte a tükörképe alakul ki ennek a felfogásnak. A fizika tanításában elsősorban az a szakmódszertani gondolkodásmód jelenti e nézet térnyerését, amely *a tanári munka középpontjába a kísérletezést állította*. Egy csodálatos fejlődés veszi a kezdetét valamikor a 18. században, az iskolai természettani órákon megjelennek az izgalmas kísérletek, a bemutatók. Egyetemek, főiskolák, és jó néhány középiskola szertárában még ma is találunk nagyon régi kísérleti és szemléltető eszközöket. Ezek - és természetesen nagyon sok érdekes leírás is - arról tanúskodnak, hogy a természettudományok forradalma, *a kísérleti módszer kialakulása magával hozta a fizikatanítás, a természet iskolai megismerése forradalmát is* - legalábbis sok pedagógus esetében. A gyerekek soha nem látott, néha már ördöginek gondolt jelenségeket figyelhettek meg a tanári asztalon, s ezzel megvalósulhatott az empiristák legfőbb vágya, hogy a megismerő ember - ebben az esetben a tanuló - maga lássa, hallja, stb. a jelenségeket, ne csak magyarázzanak neki azokról, hanem közvetlen benyomásai lehessenek róluk.

Az empirista fizika szakmódszertan tehát az empirista megismerés felfogásra épül, eszménye a kísérletező, szemléltető tanár. Itt a legfontosabb kérdés az lesz, hogyan lehet irányítani a tanulók megfigyeléseit, mit érdemes bemutatni nekik, milyen módszertana alakítható ki a kísérletezésnek. Vegyük észre, hogy ez a felfogás is *a tudás közvetítésében hisz*, csak itt a forrás, valamint a közvetítő egészen más, mint az előző esetben. Míg ott a forrás a pedagógus szava és a könyv volt, itt már a *valóság*, a benne zajló *jelenségek,* a benne elhelyezkedő *tárgyak* lesznek a tudás megszerzésének kiindulópontjai. Míg ott a közvetítő a nyelv, addig itt az *inger*, az *érzéklet*. A gyerekek nem egy mások által előfeldolgozott tudásanyagot sajátítanak el, hanem magából a valóságból szerzik az ismereteiket, legalábbis az empirista krédóban hívők így gondolják.

A fizika szakmódszertan könyveiben és tananyagaiban megjelenik, majd eluralkodik a *kísérletezés*. Világos leírásokat kapunk az egyes tananyagrészek esetén elvégezhető kísérletekről, bemutatókról, szemléltetésekről, nagyszerű receptek születnek (bár a „recept" szót a kémia és a biológia tanítása módszertanában használják inkább). Ötletek, ügyes fogások lesznek a szakmódszertan tanulása során fontosak, meg kell tanulni, hogyan kell elvégezni egy tanári kísérletet, szemléltetést úgy, hogy az a gyerekek számára a leghasznosabb legyen, milyen eszközöket használhatunk, milyen balesetvédelmi előírásoknak kell eleget tennünk, hogy lesz az eredmény leginkább látható akár egy nagy létszámú osztályban is, stb., stb.

E tanulás- és tanítás paradigma ismeretelméleti alapja, mint mondtuk, az empirizmus. Ez a megismerés felfogás - tehát, hogy a világot az elemi tapasztalatokból, vagyis az érzékletekből kiindulva ismerjük meg - szorosan összekapcsolódott a megismerés logikájának, „irányának" *induktív* felfogásával. A megismerési folyamatokban az indukciót úgy értelmezzük - már aki hisz benne, hogy ez létezik -, hogy az egyszerűbb, konkrét, és egyes jelenségekre és tárgyakra vonatkozó ismereteink segítségével összetettebb, absztraktabb és általános ismereteket (fogalmakat, összefüggéseket, törvényszerűségeket, törvényeket és elméleteket) hozunk létre, tehát a megismerésnek van egy természetes, „alulról felfelé" vezető útja.

Az induktív-empirista tudományfelfogás szerint a tudós (a fizikus is) először a kísérleti eszközei segítségével, illetve a természetben végzett megfigyelései által összegyűjti az alapismereteket. A tudósképzés során benne kialakult, a gyakorlat során megerősödött kutatásmódszertani tudását használva *gondosan rendszerezi e tapasztalatokat*, s igyekszik megállapítani a bennük rejlő, az egyes adatok között mutatkozó *összefüggéseket*. Pl. valaki gondosan feljegyzi a bolygók látszólagos mozgására vonatkozó adatokat, táblázatokba rendezi, többször is végez méréseket, igyekszik minél pontosabbá tenni az adatrendszert. *Észrevesz* bizonyos összefüggéseket, pl. azt, hogy a hét „jelentősebb mozgást végző égitest" (vagyis a csillagok rendszere napi körbefordulásától kissé eltérő mozgást végző égitestek, a Nap, a Hold, a Merkúr, a Vénusz, a Mars, a Jupiter és a Szaturnusz) egy észak-dél irányban 23°-os, kelet-nyugati irányú „sávban" mozognak. Ebből arra következtet, hogy mindezek az égitestek a Világűrben nagyjából egy síkban mozognak, s ezt a síkot elnevezi Ekliptikának (*elvonatkoztatás* és *fogalomalkotás*). Észreveszi azt is, hogy a Merkúr és a Vénusz viselkedését akkor tudja a legjobban megmagyarázni, ha feltételezi, hogy a Nap körül keringenek. Ebből *általánosítással* megfogalmazza azt az állítást, hogy minden bolygó, köztük a Föld is a Nap körül kering. Természetesen körpályát gondol, s első megközelítésben az adatok is erre engednek következtetni, azonban a tények még gondosabb vizsgálatával rá kell jönnie, hogy ez a hipotézis nem megfelelő. Ismét az adatokból indul ki, egy darabig elemezve őket rájön, hogy érdemesebb megvizsgálni az ellipszis pályák lehetőségét. Ismét az adatokhoz fordul, s kiderül, hogy a hipotézis helyes volt, az adatok visszaigazolták az ellipszis pálya létezését. S a folyamat végeredményeként már előttünk is áll az elmélet, vagyis, hogy a bolygók a nap körül ellipszis pályákon keringenek.

Ez az induktív-empirikus kutatás logikája: tényekből, adatokból indulunk ki, összefüggéseket veszünk észre, általánosítunk, elvonatkoztatással fogalmakat alkotunk, bonyolultabb összefüggéseket, törvényeket fedezünk fel és igazolunk a meglévő adataink, vagy a pótlólagosan elvégzett mérések segítségével, s az egésznek a koronájaként

megfogalmazzuk a vizsgált jelenségre vonatkozó elméletünket. (Az első Kepler törvény felfedezése természetesen egyáltalán nem így történt, mint ahogy itt leírtuk. Az eltérés azonban nem csak történeti részletekben mutatkozik, később megmutatjuk, hogy a felfedezés elvileg másképpen történt. Ez azonban már az induktív-empirikus tudománykép kritikájával van kapcsolatban, visszatérünk rá.)

Az empirista szemléletmódot megvalósítani akaró fizikatanítás szinte másolni akarja ezt a folyamatot. De egyelőre nem engedi közel a tanulókat magához a tudományos cselekvéshez, az adatok gyűjtéséhez. Egyelőre csak a készen kapott adatok állnak rendelkezésre, csak a jelenséget lehet megfigyelni, de nem lehet önállóan adatokat gyűjteni, s nem lehet a tanulónak magának előállítani a jelenséget. Sőt, valójában a felfedezés folyamatába sem kap gyakorlati bevezetést a tanuló, hiszen a jelenségek, az adatok, a tények bemutatása után a pedagógus mintegy elmagyarázza az induktív következtetést, elmondja, hogy miképpen lehet a megismert adatokból értelmes következtetésekre jutni. Éppen ezeken a korlátokon lép túl majd a következőnek bemutatandó szakmódszertani szemléletmód.

A tudás természetére, valamint a fizikatanítás céljaira vonatkozó felfogás lényegében nem változik, *továbbra is a tudományos ismeretrendszereket kell elsajátítani és visszaadni, bizonyos feladatokat kell tudni megoldani*, bár ezen ismeretek között már megjelennek a tanári kísérletekre vonatkozók is. Megjelenik egy másfajta gyakorlatiasság is ebben az elképzelésben, a korábbinál fontosabbá válnak az *alkalmazások,* mivel azok is az empirikus megismerés lehetséges eszközei. A jelenségeket valóságosan, pl. mesteremberek munkájában, vagy a gyárakban, üzemekben működő berendezésekben is megfigyelhetjük.

Jól tudjuk, hogy ez a szemléletmód nagyon erősen jelen van a mai fizikatanításban, valamint a szakmódszertanban, a világ összes országában, s nálunk is. A „magára valamit is adó" fizikatanár igyekszik legalább maga kísérleteket elvégezni a tanári munkaasztalon, hogy valóban szemléltethesse azokat a jelenségeket, amelyekkel a gyerekeknek meg kell ismerkedniük. A fizika szertárakban rendelkezésre álló berendezések egy jó részét a tanári kísérletezés és mérés eszközei adják. A fizikatanítás történetének nagy tanár egyéniségei (pl. Jedlik Ányos (1800-1895), Mikola Sándor (1871-1945), Öveges József (1895-1979), Vermes Miklós (1905-1990), hogy csak néhányat említsünk a híres kísérletező tanárok közül) az iskolai tanári kísérletezés rendkívül magas színvonalát érték el, s az így kialakított ismereteket igyekeztek leendő fizika tanár tanítványaiknak is átadni.

1.3.3. A cselekvés pedagógiájára épülő fizika szakmódszertan

Az eddigiek alapján valójában már sejthető, hogy mi a „történet" következő állomása. A pedagógia nagy forradalma, a 19. és 20. század fordulóján megszületett *reformpedagógiai mozgalmak* fellépése egy egészen új fizikatanítás kialakításának lehetőségét is magában hordozta.

A reformpedagógiai mozgalmak története még a 19. század közepén kezdődött, jelentősebb hatásukat azonban a 20. század elejétől fejtették ki (Pukánszky és Németh 1994). Olyan nagy pedagógus egyéniségek tartoznak a reformpedagógia szóval jellemezhető törekvések körébe, mint *Ellen Key, John Dewey, Maria Montessori, Eduard Claparede, Ovide Decroly, Rudolf Steiner, Helen Parkhurst, Peter Petersen, Georg Kerschensteiner, Celestin Freinet*, illetve Magyarországon *Nagy László, Domokos Lászlóné, Nemesné Müller Márta*. A reformpedagógiai irányzatok élesen szembefordulnak a

megelőző korok szinte minden pedagógiai törekvésével, elsősorban *Herbart* pedagógiájával, s *a gyermek „felszabadítását”, teremtő erőinek kibontakoztatását, a gyermek cselekvéseinek, tevékenységének középpontba állítását* fogalmazzák meg a nevelés legfontosabb feladataiként. Megszületik a *cselekvés pedagógiája.*

Számunkra az a fontos, hogy alapvetően átalakul az eredményes tanulási folyamatokra vonatkozó elképzelés, a reformpedagógiák ki akarják szabadítani a gyermeket passzív helyzetéből, és saját tanulása, megismerési folyamatai aktív részesévé akarják tenni. A gyermek - e szerint - maga szerzi meg ismereteit, elsősorban azzal, hogy az őt körülvevő világban *cselekszik*, megváltoztatja annak belső viszonyait, s ezek a változások visszahatnak rá.

A fizika tanítása számára szinte felszabadító erejük van ezeknek a gondolatoknak. Kevés pusztán elmagyarázni, vagy akár csak bemutatni a gyerekeknek a fizikai törvények érvényesülését, nekik maguknak kell, saját munkájukon keresztül megtapasztalniuk azokat. Ne csak a tanár kísérletezzen, hanem elsősorban a tanulók. Ne csak magyarázzunk egyes jelenségekről, hanem azokat a gyerekek maguk idézzék elő és figyeljék meg. Ne mi - tanárok - vonjuk le a következtetéseket, és ne mi magyarázzuk el a tanulóknak, hanem azokra ők maguk jöjjenek rá. Az aktivitásnak a jelenségek előidézésében, a kísérletezésben, a megfigyelésben is jelen kell lenni, de rendkívül fontos az adatok, az eredmények feldolgozásában, a fizikai összefüggések felismerésében, a fogalomalkotásban, az absztrakcióban és általánosításokban, valamint az elméleti következtetések kimondásában is. A teljes tanulási folyamat a gyermekben játszódik le, a tanár szerepe annyi, hogy ehhez megfelelő feltételeket hoz létre, tanácsokat ad, ha kell, eligazítja a tanulókat. A tanulók maguk kísérleteznek, ezt maguk tervezik meg, maguk jegyzik le az eredményeket, maguk vonják le a következtetéseket. A módszertanban központi kérdéssé válik a *tanulói kísérletezés*.

Valódi *forradalom* ez, hiszen teljesen átalakul a gyermek és a tanár szerepének értelmezése, gyökeresen megváltozik a tanóra képe (ha egyáltalán megmarad a tanóra, mint az iskolai élet szervezésének egyik eleme), másképpen kell tervezni, másképpen kell értékelni a munkát, másmilyen lesz a tanterv. A *tanórán* nem a tanár magyarázata dominál, hanem *a gyerekek munkája*. Sok esetben azonban a tanóra is megszűnik, mint a tanulás-tanítás folyamatának egyik szervező eleme, együtt a merev osztályszervezéssel. A gyerekek érdeklődésüknek megfelelően választanak maguknak tevékenységi formákat, ennek megfelelően szervezik meg együttműködésre épülő csoportmunkájukat, és osztják be idejüket. A tanár *nem tervezheti* a korábban jól megtanult, begyakorolt, precíz módon a tanórákat, hiszen nem is ő elsősorban a fő irányítója a folyamatoknak. Ebben a helyzetben előtérbe kerül, hogy maguk az együttműködő közösségek, bennük a pedagógusok hogyan tervezik meg *közösen* a munkát, illetve, hogy ebben a helyzetben a tanár mivel járulhat hozzá az eredményesebb tevékenységhez (javaslatokat dolgoz ki, megoldási alternatívákat vázol fel a gyerekek számára, összegyűjti az esetleg szükségessé váló eszközöket, feltárja a felhasználható információforrásokat, stb.). Az *értékelés* elveszíti - ilyen környezetben - azt a jelentőségét, amit korábban kivívott magának, nem lehet tovább a pedagógus fegyelmező eszköze. Fontossá válik viszont abból a szempontból, hogy mindenki láthassa (gyermek, pedagógus, szülő egyaránt), hogy milyen előrehaladást ér el egy-egy tanuló, milyen téren van még szüksége nagyobb erőfeszítésekre. A *tanterv* nem irányíthatja tovább már mereven a tanítást, hiszen mind a tanulás tartalma, mind a módszerei, mind az előrehaladás üteme,

mind az értékelés elsősorban az együttműködő közösségek folyamatos döntéseitől függ. Néhány reformpedagógiai irányzat, pl. a Rudolf Steiner által megalkotott Waldorf pedagógia tagadja is mindenféle tanterv létjogosultságát.

A reformpedagógiai törekvések csak nagyon szűk körben terjedtek el az itt leírt, szinte minden hagyományos nevelési formát megváltoztató formájukban. A második világháború előtt elszigetelt, vagy csak szűk iskolakörökre kiterjedő kezdeményezések maradtak. A második világháborút követő, az Egyesült Államokból elinduló nagy kurrikulum-reform sem az itt jellemzett radikalizmust valósította meg, de bizonyos elvek részleges érvényesítése szempontjából a reformpedagógiai gondolatok reneszánszát hozta. A „történetnek" ez a része fontos számunkra, mert itt elsősorban a természettudományos nevelés megújhodásáról, s e körben is legelőször a fizika oktatásának átalakulásáról volt szó.

1956-ban megalakult az Egyesült Államokban a *Fizikatudomány Tanulmányozása Bizottság* (*Physical Science Study Committee*) nevű, szakembereket, pedagógusokat magába foglaló bizottság (PSSC), amely az állam nagy mértékű (több millió dolláros) támogatásával a háta mögött azt a feladatot vállalta, hogy megújítja a fizika oktatását, s létrehoz egy széles körben alkalmazható tantervet. A munka gyorsan befejeződött, s létrejött egy olyan oktatási dokumentum, amely hatását a mai napig is kifejti, illetve más tantárgyak oktatása fejlesztésének is az alapja lett (hamarosan a kémia, majd a biológia és a földrajz oktatására vonatkozóan is készültek az Egyesült Államokban hasonló tantervek - Nahalka 1993). A fejlődés gyorsan átterjedt előbb az angolszász országokra, majd más fejlett államokra, de érdekes módon a '60-as évek elején már a fejlődő országokra is.

Mi volt ennek a folyamatnak pedagógiai szempontból a lényege, miért oly fontos a mi elemzésünk számára? Ebben a folyamatban olyan oktatási tervek születtek, amelyek szembefordulva a korábbi időszak kicsit felszínes, nem túl hatékony természettudományi nevelésével, az alsóbb iskolafokokon is biztosították, hogy a tanítás a természettudományok elvei, törvényszerűségei szerint, tudományos fogalomrendszerek segítségével történjék. *A tudományos értékrendet érvényesítették* tehát ezek a programok, s ebben kiemelt szerepet szántak a tudományos ismeretek *aktív* elsajátításának, az önálló tanulói tevékenységnek, a kísérletezésnek, a megfigyelésnek, a mérésnek. A '60-as években szerte a világon az iskolákban (az alsóbb évfolyamok tanítása számára is) laboratóriumokat, tanulói kísérletek végzésére alkalmas tantermeket alakítanak ki. Gyors fejlődésnek indul a tanszergyártás, a kísérleti eszközök piaci forgalmazása, hiszen egy-egy erőmérőre, Erlenmeyer-lombikra, vízbontó berendezésre, áramköri elemre már nem csak egyetlen példányban, a tanári kísérletek számára van szükség, hanem a gyerekek létszámának megfelelő számban, s ez hatalmas üzlet.

A reformpedagógusok álmát, vagy annak legalábbis egy részét tehát az '50-es, '60-as évek nagy tantervi reformjai valósították meg. Ugyanakkor sok-sok hagyományos szervezési elem, a tanóra, az osztályszervezés, a tanári tervezés és értékelés, a tanterv kicsit megreformált, de továbbra is szinte jogszabályként működő formája, mind, mind megmaradnak, ezért *a reformpedagógiai mozgalmak törekvéseinek teljességét ezek a változások nem érvényesítették*. A fizika szakmódszertana úgy fejlődött, hogy abban polgárjogot kapott a *tanulói kísérletezés*. A „megváltó ideológia" e körülmények között a *felfedeztető oktatás* (vagy *felfedező tanulás*) lett. Ennek lényege, hogy nem a tanárnak kell elmagyaráznia, átadnia a tudást a tanulóknak, hanem azt *önmaguknak* kell „kiküzdeniük"

felfedezniük. Az elkészülő új tantervek ösztönzik a tanulási folyamatok olyan szervezését, amelyben a gyerekek a maguk tevékenységével jutnak alapismeretekhez, s ezek segítségével önállóan felfedezik a fizikai összefüggéseket.

Az angol *Nuffield Alapítvány* fizika tanterve, vagy az előbb már említett, amerikai PSSC program világos bizonyítékokat szolgáltatnak arra, hogy *a tantervszerkesztők a felfedezést központi kérdéssé teszik* (Harris és Taylor 1983). A PSSC program pl. az anyag részecskékből való felépítettségére vonatkozó tudás megszerzése érdekében számos előzetes kísérletet ajánl, a többszörös súlyviszonyok felismerése érdekében hosszas számítások elvégzését javasolja. Lényegében ugyanezt teszi a Nuffield Fizika is, kiegészítve azzal, hogy a Brown-mozgás gyerekek általi megfigyelését is „hadrendbe állítja" a részecskék felfedezése érdekében. A két program Newton II. törvényének felfedeztetésére is ajánl kísérleteket, s azokkal kapcsolatos megfontolásokat, a Nuffield tanterv pl. kiskocsiknak lejtőn való mozgását javasolja megfigyelni és elemezni.

A felfedeztetéses tanítás szerint a gyerekek saját méréseik segítségével kell, hogy eljussanak a Hook-törvény, az Ohm-törvény, a lendületmegmaradás, a súrlódásra vonatkozó összefüggés, Archimédész törvénye, a Snellius-Descartes törvény felismeréséhez (itt csak a valóban viszonylag könnyebben elvégezhető kísérletekhez kapcsolódó összefüggéseket említettük). Természetesen minden, a felfedeztetésre vonatkozó szakmódszertani megfontolásnak része *a tanár segítő munkája fontosságának kiemelése*, azonban az új elvek megfogalmazói valóban azt tekintik követelménynek, hogy a gyerekek maguk alkossák meg a kísérleti eredmények alapján az összefüggéseket.

A felfedeztető tanítás leírásából és több korábbi megjegyzésből is világosan látszik, hogy *a cselekvés pedagógiája nem változtat a megismerésről alkotott kép legfontosabb meghatározóin, az empirikus alapokon és az induktív logikán*. Az új pedagógia inkább kiteljesíti az empirista látásmódot, hiszen itt már nem akarjuk kizárni a gyermeket a tapasztalatok tényleges összegyűjtéséből és a feldolgozás, az általánosítás, az absztrakció, a fogalom- és elméletalkotás folyamataiból. Itt a gyermek tevékenysége, ahogy a fizikai világ törvényszerűségeivel ismerkedik, már nagyban hasonlít a tudós tevékenységére, legalábbis ahogyan az utóbbit az induktív-empirikus tudománykép megalkotói elképzelték. A cselekvés pedagógiája abban nyújt újat a gyermeki megismerési folyamatok értelmezésében, hogy mintegy teljessé teszi az empirikus bázisú és induktív logikájú megismerést a gyermeki tanulásban is, s ebben természetes módon kerül középpontba a gyakorlati cselekvés, ahogyan a tudós is kialakítja tudását - az elképzelés szerint - a gyakorlati tudományos kutatómunka keretei között.

A cselekvés pedagógiájának célrendszere minden korábbinál szélesebb körű. Ha egy szóval kell összefoglalni a célok meghatározásának lényegét, akkor azt mondhatjuk, hogy ez a *személyiségfejlesztés*. A cselekvést középpontba állító pedagógiai nézetrendszerek a gyermeket összetett személyiségnek tartják, szellemi erőit nem korlátozzák az ismeretekre és bizonyos feladatmegoldási képességekre. A személyiségfejlesztés céljai komplexek, a képességek jóval tágabb körére, az egyszerűbbnek számító készségekre, szokásokra is kiterjednek, illetve olyan összetettebb személyiségdimenziók fejlesztését is tartalmazzák, mint a beállítódások (attitűdök), a viselkedés, a magatartás, stb.

A felfedeztetés ideológiája széles körben, gyakorlata már kevésbé elterjedt napjainkban. A reformpedagógiai elvek térnyerése 100 év elteltével sem mondható jelentősnek, néhány kifejezetten valamelyik reformpedagógiai áramlathoz kapcsolódó iskola (Montessori-,

Waldorf-, Freinet intézmények, stb.), néhány ilyen elveket megvalósító egyéb iskola, s a pedagógusok egy mindenképpen kisebbséget jelentő rétege tekinthető e pedagógiák elméleti és gyakorlati képviselőjének. E jelenség okainak vizsgálata messzire vezet, s nem lehet célja könyvünknek.

1.3.4. A konstruktivista pedagógiának megfelelő fizika szakmódszertan

Mint láttuk, a reformpedagógiai törekvések sem az egész oktatási tevékenységrendszerben, sem azon belül, a fizika tantárgy oktatásában nem tudták széles körben érvényesíteni radikális elképzeléseiket. Bár a tanulói kísérletezés szükségessége széles körben elfogadott, illetve valamilyen mértékben (tudomásunk szerint nincsenek empirikus adatok erre) elterjedt a gyakorlatban is, a gyermeki öntevékenységre való érdemi koncentrálás nem alakulhatott ki. Mondjuk ki őszintén: *a 20. században sem az egész oktatásban, sem a fizikatanításban nem sikerült igazából felszabadítanunk a gyerekeket*. A 20. század azonban mégiscsak produkált valami olyasmit is, ami reményt keltő az oktatás egészének, s a fizikatanításnak a fejlesztésében. A század utolsó harmadában bontakozott ki a konstruktivista pedagógiának nevezett irányzat, amely szintén radikális irányváltás szükségességét fogalmazza meg. A reformpedagógiai törekvések közül sokat meg kíván valósítani, de egyben egy merőben más, a korábbi pedagógiai elképzelésektől is, de a reformpedagógiai törekvések jó részétől is eltérő utat keres az oktatás megreformálásában.

A konstruktivista pedagógiát e helyen nem mutatjuk be részletesen, hiszen oly fontos fejleményről van szó, hogy külön fejezetet szentelünk neki. Csak olyan mértékben tárgyaljuk itt, hogy a fizika szakmódszertan paradigmáinak bemutatását befejezhessük, teljessé tehessük a képet.

A konstruktivista pedagógia a 20. század utolsó harmadában született. Gyökerei az ismeretelméleti elképzelések radikális átalakulásában, a *konstruktivizmus filozófiájának kialakulásában* találhatók. A konstruktivizmus egy *ismeretelmélet*, amely sok ponton jelentősen különbözik a megelőző korok megismerésről alkotott felfogásaitól. A nagy változást az jelenti, hogy míg a legtöbb korábbi elképzelés a tudás keletkezését igyekszik egy *objektív folyamatként* leírni, addig a konstruktivizmus nem hisz a tudás objektív jellegében. Míg a korábbi ismeretelméletek a tudás valamifajta közvetítésére alapozták saját elképzeléseiket, addig a konstruktivizmus szerint *a tudás konstrukció eredménye* (Glasersfeld 1995, Nahalka 1997). S itt ez a lényeget meghatározó állítás! A konstruktivizmus szerint *mi magunk alkotjuk meg tudásunkat*, valójában az történik, hogy az életünk minden pillanatában bennünk élő *világkép* önmagában alakul, formálódik. Eközben direkt módon nem vesz fel, nem vesz át semmit, nem asszimilál semmit, maga formálja önmagát azért, hogy minél jobban alkalmazkodhassék a környezetéhez, ami a legtöbbször egyet jelent azzal, hogy e világkép „hordozója” a hús-vér ember jobban alkalmazkodhassék társadalmi, technikai, természeti környezetéhez.

Az emberi elme - a konstruktivizmus szerint - nem fogad be passzívan kívülről új tudást, hanem azt magában megkonstruálja, létrehozza. Ez nem jelenti azt, hogy nincs kapcsolatban a külvilággal. Természetesen *gazdag kölcsönhatásrendszer* működik a megismerő rendszer és a hozzá képest külső valóság között, de ez - ellentétben korábbi elképzelésekkel - valóban *kölcsönhatás*. Ez azt jelenti, hogy amit mi érzékletnek nevezünk,

az sosem áll rendelkezésünkre valamilyen „tiszta”, objektív formában. Tudatunk is szerepet játszik abban, hogy a külső világról milyen észlelet alakul ki bennünk, itt szűrési, értelmezési, sőt, aktív változtatási folyamatok hatnak a kívülről mechanikusan érkező ingerekre. Vagyis amit szokásosan *tapasztalatnak* nevezünk, az nem tekinthető a külső világ objektív lenyomatának, tükörképének, hanem egy aktívan manipulált, a belső értelmező, megismerő rendszer által értelmessé gyúrt rendszernek. Vagyis tudatunk soha nem az objektív valóság tényeivel, adataival, hatásaival kerül kapcsolatba (olyanok ott nem is léteznek, hiszen ezek mind emberi fogalmak), hanem az aktuális *tapasztalati világgal*. *Csak tapasztalati világunkat tudjuk megismerni*, ahogyan a híres chilei episztemológus-biológus, Humberto Maturana fogalmaz, *a megismerő rendszerek operacionálisan zártak* (Maturana 1988).

Ha a megismerő rendszer operacionálisan (vagyis működését tekintve) zárt, tehát nem vesz fel és nem ad le új egységeket, vagyis tudást, akkor problematikussá válik a világról alkotott tudás és a világ egymásnak való megfeleltetése. Ha a tudás nem kívülről közvetítődik, hanem a rendszer saját maga konstruálja azt, akkor nincs értelme a tudás tükörképként való értelmezésének. Hogy mi konstruálódik meg a megismerő rendszerben, azzal kapcsolatban nem működnek olyanfajta kényszerek, amelyek a kialakuló tudást a megfelelő külső tárgyhoz (vagy jelenséghez, eseményhez) hasonlatossá tennék. Ebben az értelemben nem beszélhetünk objektív tudásról, s van mindennek egy rendkívül „kínos” következménye is: nem beszélhetünk a tudás igaz, vagy hamis voltáról sem. Ahhoz, hogy megtudhassam, hogy egy tudáselem mennyire felel meg egy valóságelemnek, vagyis értékelhessem a tudást az igaz-hamis dimenzióban, ahhoz kívül kellene helyeznem magam mind a tudásomon, mind a valóságon, s úgy kellene rápillantanom a két összehasonlítandó elemre. Ez természetesen lehetetlen. A konstruktivizmus szerint csakis tapasztalati világunkról alkothatunk tudást magunkban, s nem az objektív valóságról, ahhoz nincs hozzáférésünk.

Rendkívül „kellemetlen”, „kényelmetlen” állítások ezek. Az ember úgy érzi, hogy kifut a lába alól a talaj. Hiszen ez az ismeretelmélet nem is fogadja el, hogy van megismerés! - kiálthatna fel bárki. Ez azonban nem így van. A konstruálás, vagyis tudásrendszerünk állandó formálása, gazdagítása, a körülményekhez való állandó hozzáigazítása egy rendkívül termékeny folyamat. Ebben a folyamatban létrejön az objektív valóság egy modellje, a világképünk, amely ugyan arra nem tart igényt, hogy valaki értékelje, mennyire „jó”, mennyire felel meg annak, amit modellez, de rendkívül hatékonyan tud működni, úgy tűnik, elég jól elboldogulunk segítségével a világban. Ugyanis a teljes megkonstruált tudásrendszer, a világképként funkcionáló modell arra való, hogy segítségével *értelmezzük tapasztalati világunk jelenségeit*, ezzel minden pillanatban képesek legyünk meghatározni helyünket (konkrét, de elvont értelemben is), *előre jelezzük*, hogy mi fog bekövetkezni a tapasztalati világunkban, s mindezeknek a folyamatoknak az értelmes elemzése alapján *döntsünk cselekvéseinkről*, majd ezeket végbe is vigyük. Vagyis a tudásrendszerünk rendkívül gyakorlatias módon működik, még akkor is, ha soha nem leszünk képesek megállapítani, hogy ez a tudásrendszer mennyire hű tükörképe az objektív valóságnak (már a kérdés is elég értelmetlen egyébként).

A konstruktivizmus szerint a tudásnak nem igazsága (vagy hamissága) van, hanem *kisebb vagy nagyobb mértékű adaptivitása.* (Más megnevezéssel viábilitás.) Az ember gyakorlati cselekvései során állandóan leméretik, hogy tudásrendszere, annak éppen

munkába fogott elemei mennyire működnek kielégítően, mennyire ad a működésük belsőleg pozitívan értékelt eredményt. Az adaptivitás a biológiától kölcsönzött fogalom, az evolúció elméletének egyik legfontosabb fogalma. Azt jelenti, hogy a véletlenszerű változások által kialakított új génformák közül az terjed el egy populáció génkészletében, amelyik adaptívabb, vagyis az, amelyik a saját továbbélése számára a legjobb feltételeket biztosítja. Ilyesmit képzelünk el a tudáselemekkel kapcsolatban is. A tudásnak be kell bizonyítania saját „életrevalóságát", alkalmasnak kell bizonyulnia a jelenségek magyarázatára, előrejelzésére, s a cselekvés irányítására. Ezek a döntő tényezők, s nem az, hogy a tudás mennyire „hasonlít" a neki megfelelő valóságelemre (amit egyébként sem lennénk képesek megállapítani).

Ez a filozófia nagyon gyorsan megtermékenyítette a pedagógiai és pszichológiai gondolkodást is. Kialakult a konstruktivista pedagógia, amely erre az ismeretelméletre épül, s természetesen legfontosabb állítása, hogy a gyermek nem kapja, asszimilálja a tudást, a tudást nem mi közvetítjük hozzá, hanem ő maga konstruálja meg. Ez az elképzelés jelentősen eltér mindhárom, fentebb tárgyalt tanulásparadigma ismeretelméleti feltételezéseitől. Mindhárom korábban tárgyalt képben a tudás valahol az objektív valóságban (a pedagógus agyában, a tárgyakban, az azok közötti érzékelhető és manipulálható viszonyokban) található meg, s különböző közvetítések (a nyelv, a szemléltetés és a cselekvés) segítségével „beáramoltatható" a megismerő gyermek tudatába. A három paradigmában a megismerő rendszer maga passzív. Még a cselekvés pedagógiájában is, hiszen a megismerési folyamatban az aktivitás a közvetítésre korlátozódik, a megismerő rendszer aktivitásáról nincs benne szó. A konstruktivizmus számára azonban maga a megismerő rendszer a döntő tényező, hiszen az maga konstruálja a tudást. Ehhez képest a nyelv, a szemléltetés és a cselekvés külső, a megismerő rendszer és a valóság közötti kölcsönhatást megvalósító tényezők. E minőségükben egyébként rendkívül fontosak, s a konstruktivista pedagógia egyik vonzó sajátossága lesz, hogy mind a nyelvi működést, mind a szemléltetést, mind a tanulói cselekvést beemeli saját elméleti keretei közé, s ezzel gyakorlatilag a korábbi pedagógiák minden pozitívan értékelhető elemét mintegy magáévá teszi. De a legfontosabb a megismerési folyamatban mégis a már létező világkép, a megelőző tudás. Ezekről a részletekről azonban már a konstruktivista pedagógiát ismertető fejezetben kell szólnunk.

Hogyan alakul át a fizika szakmódszertan, hogyan formálódik a konstruktivista pedagógiai paradigmára épülő szakdidaktika? A tanulási folyamat megváltozó értelmezéséről már szóltunk. A gyermek a fizikai világra vonatkozó ismereteit, tudását maga konstruálja, fizikai világkép él bennünk, akárhány évesek vagyunk is. Ebből következően már a kicsi, még iskolába sem járó gyerekek is hordoznak elképzeléseket magukban a fizikai világgal kapcsolatban. Ennek a világképnek a genezisét még részletesen tárgyaljuk a későbbiekben (ld. a konstruktivizmussal foglalkozó fejezetet).

A fizika szakmódszertanának tudomásul kell vennie, hogy a gyermek nem tekinthető egy tudatlan lénynek, akinek most mi fogjuk megtölteni az agyát a Newton törvényekkel, az elektromágneses tér elméletével, a termodinamikai egyenletekkel. A gyermek szinte minden általunk tanítandó tudással kapcsolatban rendelkezik meghatározó előismeretekkel, pl. egy folytonos anyagképpel, egy lényegében arisztotelészinek tekinthető mozgásképpel, egy rendkívül leegyszerűsített, intenzív mennyiségeket nem, csak extenzíveket ismerő termodinamikai „elmélettel", stb. Ez egy óriási kihívás a fizika szakmódszertannal szemben:

meg kell találni azt a módot, hogyan lehetnének képesek a gyerekek megkonstruálni magukban egy olyan világot, amelyben a modern tudománynak megfelelő konstrukciók, elméletek foglalnak helyet, és segítségükkel a gyermek és majd a felnőtt a tudományok nyújtotta lehetőségeket képes lesz felhasználni.

Ebben a könyvben éppen azt fejtjük ki, hogyan lehet - véleményünk szerint, a mi konstrukcióinknak megfelelően - formálni a fizika tanítását ahhoz, hogy ez a cél elérhető legyen. Meglátjuk majd, hogy a konstruktivista pedagógia alapzatára épített fizika szakmódszertan állításai, tanítással kapcsolatban megfogalmazott ajánlásai többségükben meglehetősen eltérő képet mutatnak majd korábbi szakmódszertani felfogásokkal összehasonlítva. Ugyanakkor, ahogy fentebb már jeleztük, érdekes módon a konstruktivista pedagógia egyfajta szintézist is jelent, vagyis ha megváltozott értelmezésben is, de ez a szemléletmód nagyon sok korábbi, pozitívan értékelhető eredményt fel tud használni.

A konstruktivista pedagógiai törekvések a 20. század végén érdekes módon kapcsolódtak össze egy, a természettudományos nevelésben, s azon belül is hangsúlyosan a fizikában jellemző tendenciával. Ez az oktatás STS irányultsága (Science - Technology - Society = Tudomány, technika, társadalom), vagyis az az elképzelés, hogy a természettudományos nevelésnek társadalomközpontúvá kell válnia, elsősorban a társadalom életében megfogalmazódó kihívásokra kell válaszokkal szolgálnia. A fizikaoktatás – ha adaptív tudást akar formálni, mondjuk a konstruktivista pedagógia szellemében – elsősorban a leendő állampolgárok általános műveltségének formálását kell, hogy szolgálja. Szavakban, a hangoztatott ideológia szintjén ez persze mindig így volt, de más az ideológia és más a gyakorlat. A 20. században a fizikatanítás a leggyakrabban azok számára volt megfelelő, kielégítő, akik valamilyen e tudományterület ismereteit igénylő pályára kívántak kerülni. A középiskolában a fizika tanítása nagyon gyakran azokhoz igazodik, akik majd fizikusok, orvosok, mérnökök, agrár szakemberek lesznek, akik tehát szakismereteket igényelnek. Sokak oktatása van alávetve kevesek oktatásának, ezzel a többség számára a fizikaoktatás elidegenítő, inkább kínszenvedés, mint örömforrás. A pedagógusok gyakran nagyon egyszerűen intézik el ezt a jelenséget: ezek a gyerekek nem elég szorgalmasak, „nem jó képességűek”, akár le is mondhatunk róluk abból a szempontból, hogy valamikor is érteni fogják a fizikát. A fizika értése az az én privilégiumom – így a tanár – s legfeljebb még egy-két gyereké az osztályban. Velük egyébként jó is dolgozni, értük érdemes volt erre a pályára jönni.

Reméljük jól érzékelhető ennek a gondolkodásnak a tarthatatlansága. Ha nem kívánunk fizikai műveltséget mindenkiben kialakítani, akkor ne tanítsuk mindenkinek a fizikát – ez lenne a következtetés, ha az előbbi gondolatmenetet tisztán végigvinnénk. Ez képtelen következtetés. A modern társadalmaknak szükségük van arra, hogy tagjaik egy a *hétköznapokban használható* fizikai műveltséget szerezzenek. A „hétköznapokban használható” alatt nem azt értjük, hogy prakticista, a körülöttünk villódzó, forgó és berregő gépek működésének megmagyarázására képes tudást kell szereznie mindenkinek, hanem egy olyan általános műveltséget, amely lehetővé teszi, hogy éljünk ebben a világban. Amely lehetővé teszi, hogy dönteni tudjunk fizikatudományi megfontolásokat is igénylő kérdésekben (pl. hogyan döntenénk egyvízierőmű felépítésével kapcsolatos népszavazás során). Hogy ne csaphassanak be bennünket, ne legyünk kiszolgáltatottak áltudományosságot terjesztő kuruzslóknak, s hiszékenységünket kihasználó csalóknak.

Hogy egyáltalán, ne legyünk kiszolgáltatottak ebben a modern tudományos eredményeket és technikai vívmányokat intenzíven alkalmazó társadalomban.

A fizika társadalomorientált oktatása ezt kívánja nyújtani. Miközben megmarad – szigorúan – a tudományosság talaján, eközben maximálisan nyit a társadalmi érzékenységű témák felé. Az STS programokban természetes helyük van a környezeti nevelési elemeknek, az egészségnevelésnek, a technika társadalmi hatásaival foglalkozó elemeknek, az energia- és anyagfelhasználás sokszor globális problémákat érintő kérdéseinek, a tudomány társadalmi szerepének, s így többek között erkölcsi tartalmainak, stb. Az ilyen fizika oktatás „nagyon más", mint az osztály néhány „kis fizikusához" igazodó, magasröptű, de társadalmi alkalmazásokig el nem jutó, a továbbtanulás szűk igényei szerint típusfeladatokat garmadával megoldató oktatás.

Az ilyen fizikaoktatás egyben „demokratikusabb" is. Ez alatt azt értjük, hogy egyrészt jóval szélesebb kör számára hasznos, másrészt természetesebb bekapcsolódást kínál azon gyerekek számára, akik az „akadémikus" jellegű fizikaoktatás szolgáltatásainak hasznosításához nem rendelkeznek megfelelő előzetes tudással, elkötelezettséggel. Ilyen előzetes tudást, ilyen elkötelezettséget, bizonyos értelemben „elit" hozzáállást inkább azokban a családokban lehet szerezni, amelyekben a szülők iskolázottsága magasabb, s általában is magasabb társadalmi pozíciókat foglalnak el. Az előzetes tudásnak, sőt továbbmegyünk, a gyerekek magukkal hozott kultúrájának jobban megfelelő, arra ráépítő fizikaoktatás megvalósítása nagyon fontos feladat lenne. Itt már egészen nyilvánvaló a két szempont, vagyis a konstruktivizmus és társadalomközpontúság találkozása. A kultúra, az attitűdök, az előzetes tudás figyelembevétele, amely az oktatás demokratizálásának alapvető követelménye, egyben egy alapvető követelménye a konstruktivizmusra épülő oktatásnak is.

Irodalom

Csapó Benő (Szerk.) (1998): *Az iskolai tudás*. Osiris Kiadó, Budapest.

Glasersfeld, E. v. (1995): *Radical Constructivism. A Way of Knowing and Learning*. The Palmer Press; London, Washington D. C.

Beaton, A. E., Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Gonzalez, E. J., Smith, T. A. és Kelly, D. L. (1996): Science Achievement in The Middle School Years: IEA's Third International Mathematics and Science Study (TIMSS). TIMSS International Study Center, Boston College, Chestnut Hill, MA, USA.

Comenius (1992): *Didactica Magna.* Halász és fiai kiadása, Pécs.

Gecső Ervin. (1998): Pedagógiai módszerek, eljárások eredményességének vizsgálata. *Módszertani lapok: fizika*, 4(4), 1–7.

Harris, D. és Taylor, M. (1983): Discovery Learning. The Myth and the Reality. *Journal of Curriculum Studies*, 15(3) 277-289.

Key, E. (1976): *A gyermek évszázada*. Pedagógiai források. Tankönyvkiadó, Budapest.

Thoms S. Kuhn (1984): *A tudományos forradalmak szerkezete.* Gondolat, Budapest. Eredetileg: Kuhn, T. S. 1962. *The Structure of Scientific Revolution.* Princeton University Press, Princeton

Maturana, H. (1988): *Ontology of Observing*. Conference Workbook: Texts in Cybernetics, American Society For Cybernetics Conference, Felton, 18-23 October,

Nahalka István (1993): Irányzatok a természettudományos nevelés második világháború utáni fejlődésében. *Új Pedagógiai Szemle*, XLIII(1) 3-24.

Nahalka István (1997): Konstruktív pedagógia - egy új paradigma a láthatáron (I.). *Iskolakultúra*, VII(2) 21-33. (II.): VII(3) 22-40. (III.): VII(4) 21-31.
Pukánszky Béla és Németh András (1994): *Neveléstörténet*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
Vári Péter – Bánfi Ilona – Felvégi Emese – Krolopp Judit – Rózsa Csaba és Szalay Balázs 2001. A PISA 2000 vizsgálatról. *Új Pedagógiai Szemle.* LI(12).

2. A FIZIKATANÍTÁS TÖRTÉNETÉNEK ÁTTEKINTÉSE

POÓR ISTVÁN

2.1. Fizikatanítás az önálló fizika kialakulásáig

Fizikai jellegű ismeretekről már az őskortól beszélhetünk. Egy sok ezer évvel ez előtti csontra a cro-magnoni ősember már a Hold fázisait rajzolta fel. A két nagy kulturcentrumban, Egyiptomban és Mezopotámiában az építkezéshez, a hajózáshoz, a folyók áradásának előrejelzéséhez mechanikai gépezeteket kellett építeni és csillagászati ismeretekkel kellett rendelkeznie.

A piramisok mindig észak-dél irányban épültek. A hatalmas köveket szállítani, mozgatni kellett. Iránytű még nem létezett, így fontos volt a csillagok állásának a megfigyelése.

Az egyiptomiak már rendelkeztek a három alapmennyiség: a hosszúság, a tömeg és az idő mérésére szolgáló eszközökkel. Fennmaradt Kr.e. 1500-ból a királyi mérőpálca. A tömeget kétkarú mérleggel mérték. Az időmérő a vízóra volt. Az edényből kifolyó vízmennyiség arányos volt az eltelt idővel.

A mezopotámiai kozmoszon látható, amint az égbolt, a csillagok, a Nap, a Hold, a bolygók mint istenségek utaznak az égi bárkáikban.

A ión bölcselők tevékenységének kezdetétől, Kr.e. 600-tól Kr.u. 529-ig, amikor Justinianus császár bezárta az utolsó filozófiai iskolát Athénban, beszélünk az "antik örökség" megszületéséről. Ez az az időszak, amikor a tudományok alapjait lerakták. Ekkor még nem voltak fizikusok, kémikusok stb., csak filozófusok. A filozófusok azonban mindennel foglalkoztak. Platón (Kr.e.427-347) volt az, aki az első iskolát, mondhatnánk főiskolát vagy egyetemet megalapította Athénban, az Akadénom nevű ligetben. Az akadémia név innen származik.

Platón Szokratész tanítványa és Arisztotelész mestere volt. Dél-Itáliában ismerkedett meg a pütagoreusok tanításával, járt Egyiptomban is. Ettől az időtől beszélhetünk iskoláról. Fizikatanításról természetesen még szó sem volt, de ezek a görög filozófusok tették meg az első lépéseket a fizikában. A teljesség igénye nélkül felsorolunk néhány törvényt, jelenséget, eszközt, amely az antik örökség idejéből származik.

Az első, matematikai formában is megfogalmazott törvény, ami ma is Arkhimédesz (Kr.e. 287-212) nevét viseli, a hidrosztatikai felhajtó erő törvénye. Arkhimédész Szürakuzában született, közeli kapcsolatban volt az uralkodóházzal. A király kérésére vizsgálta meg a korona arany- és ezüsttartalmát. Sok műve maradt ránk, ezekből a fizikai

tárgyúak: Az úszó testekről, A mérleg és emelő, A súlypontok, Az optika. Alexandriában Eukleidésznél tanult. Az első teljes Arkhimédész -kiadás 1544-ben jelent meg.

Sokak szerint Demokritosz (Kr.e. 460-371) adta a fizikatörténet és egyben a filozófiatörténet legzseniálisabb gondolatcsíráját, amelyből modern világképünk, az atomelmélettel összekapcsolható természettudományos világkép kialakult. Ő volt az első, aki atomelméletről beszélt. Az állandóságot a változásban látta, vagy másképpen kifejezve: a változás lehetőségét az állandóság megtartásával magyarázta. A Demokritosz adta kép kvalitatíve nagyon hasonlít ahhoz a képhez, amelyet a kinetikus gázelmélet is nyújt. Filozófiai vonatkozásban pedig önként adódik, hogy semmi nem teremthető a semmiből és semmi nem tehető semmivé. Elsőként fejezi ki a tudomány történetében, meglepő indoklással: a világ végtelen, miután nem teremtette semmi külső hatalom. Arisztotelész ezt bírálta, így az egész elmélet mintegy 2000 évig nem juthatott érvényre.

Ezzel eljutottunk Arisztotelészig (Kr.e. 384-322), aki Makedóniában, Sztagera városában született. Platon tanítványa volt, a 14 éves Nagy Sándor nevelője lett. Kr.e. 334-ben Athénba ment és az Apollón Lükeion ligetében tanított. Talán a liget sétaútjairól (peripaton) nevezték iskoláját peripatetikus iskolának. Itt szokatlan méretű tudományos kutatócentrumot alapított. Tanítványaival együtt összegyűjtötték és feldolgozták a legkülönbözőbb tudományterületeket. Az arisztotelészi világkép közel 2000 évig, Nikolaus Kopernikusz (1473-1545), Galileo Galilei (1564-1642), Johannes Kepler (1571-1630) és Isaac Newton (1643-1727) megjelenéséig, a fizikatudomány kialakulásáig uralta a tudományt. Jellemző, hogy Kepler, aki a méréseit utolsó csillagászként szabad szemmel végző Tycho Brahe (1546-1601) adatainak felhasználásával, és saját, már távcsővel végzett mérései segítségével végül is meghatározta a Mars pályáját, nagyon nehezen merte kimondani, hogy az ellipszis. Az arisztotelészi világképnek megfelelően, az adott görbét körök összetételéből akarta előállítani.

A középkorban a tudomány és benne a fizika nem sokat változott. A középkori egyetemek oktatását megfigyelve ez szembetűnő. Valami azonban sokat változott, és ez a technika. A lószerszám tökéletesítése egy csapásra megsokszorozta a ló teljesítőképességét a teherhúzásban. A szöggel ellátott patkó és a kengyel forradalmasította a lovasság hadászati lehetőségét. A nehézeke, a vetésforgó növelte a termelést.

A víz és a szél energiáját a malmokban, a textilgyárakban és a bányászatban is használták. Tengerjáró vitorlásokat építettek, melyekkel távoli földrészekre juthattak el. Kínában felfedezték az iránytűt, elkészült az esztergapad és a lábbal működtethető szövőszék. A XII. és a XIII. században elterjed a szemüveg.

529-ben a filozófiai iskola bezárásával egy időben Szent Benedek Monte-Cassinoban kolostort alapít. A XII. században két szerzetesrend, a ferencesek és a domonkosok rendjének tevékenysége kiemelkedő fontosságú a tudománytörténet számára. Mindkét rend katedrát szerez a párizsi egyetemen.

A középkori oktatás fontos helyszínei az egyetemek: Párizsban 1150-ben, Oxfordban 1167-ben, Montpellierben 1289-ben, majd az 1500-as és az 1600-as években egész Európában alapítottak egyetemeket. Magyarországon 1367-ben Pécsett, majd 1635-ben Nagyszombatban. A nagyszombati egyetem jogutódja az Eötvös Loránd Tudományegyetem.

Ezek az egyetemek lettek a szellemi élet központjai. Igaz, hogy már Egyiptomban és Mezopotámiában is működtek államilag fenntartott iskolák, de ezekben nem folyt pezsgő szellemi élet. Az athéni iskolák már igazi szellemi központok voltak.

A nyugat-európai egyetemek közvetlen elődeinek az arab mecsetek mellett működő iskolákból kinövő oktatási intézmények tekinthetők. Nemcsak az iskolák és az egyetemek származnak az arab világból, hanem a görög tudomány is az arabok közvetítésével került Európába. Az arabok már a IX. század közepén megismerkedtek a görög tudományos hagyatékkal. Az arabokat a görög kulturális kincsek közül csak a tudományra vonatkozó részek érdekelték. Amikor 641-ben Omar kalifa elfoglalta Alexandriát, akkor a könyvtárat elégették. Az arabok a görög művekkel először szír fordításban ismerkedtek meg. Volt még egy közvetlen kapcsolat is. Amikor Justinianus bezáratta az Athéni filozófiai iskolát, akkor a filozófusok egy része Jundishapurba ment. Az arabok már perzsa-görög tudományos centrumot találtak. Az arabok elfoglalták Szicíliát, majd Spanyolországot. Itt működtek a híres arab egyetemek. Az egyetemek nagyon hasonlítottak a mai egyetemekre. A tanítás előadásokból és szemináriumokból állt. A szemináriumokon az önálló gondolkodást és a vitakészség kifejlesztését tanulták. A vizsgához tartozott az is, hogy a jelölt váltott ellenfelekkel vitatkozott reggel 6 órától este 6 óráig, egy óra ebédszünettel. 4-5 év alatt nyerte el a hallgató a baccalaureatus címet, majd újabb 3-4 év után szerezhette meg a magister fokozatot. Az alábbi tárgyakat tanulták: grammatika, retorika, logika. A logika Arisztotelész Organonját jelentette.

A magasabb tanulmányok négy tantárgya: aritmetika, geometria, asztronómia és a zene. Szerepeltek választható tárgyak is ilyen volt például Arisztotelész Fizikája. Eljutottunk tehát az első olyan esethez, amikor valahol fizikát tanítottak. Az oktatás szemléltetés nélküli, szóbeli előadásokból és felolvasásokból állt. Az előadók az egyes megállapításokat sokszor versben fogalmazva mondták el. E dogmatikus fizikatanításnak, miután nem tartalmazta a törvények, az összefüggések kísérleti alátámasztását, számos megállapítása - mint tapasztalat felett álló arisztotelészi tan, dogma - ellenőrzés nélkül ment át egyik nemzedékről a másikra. Zemplén Jolán jegyzi meg a hazai fizikatanításról, hogy 1750 után már nem igen találkozunk az arisztotelészi fizikával (M. Zemplén, 1964).

Mikes Kelemen leveleiben (1725) találó kritikai bírálatot mond az oktatásról: „Mit tanult [a diák] annyi esztendeig? Csak a diáknyelvet és egyebet nem tanulván, azok hasznát nem sokat veszi és a gazdaságban olyan tudatlan, mint mások. És a physikából annyit sem tud, mint a kovácsa, nem tudván annak is okát, hogy miért hinti meg vízzel annyiszor égő szenit.” A fizikatanítás ilyen módszerével még a tanuló diákok sem voltak megelégedve.

2.2. A kísérleti fizika tanítása

Galilei és Newton munkássága megteremti a fizikát, mint önálló tudományt. Galilei méltán érdemli meg azt a kitüntető megállapítást, hogy ő az első kísérleti fizikus, a kísérleti fizika megalapítója. Bár a tudománytörténészek véleménye megoszlik arról, hogy valóban elvégezte-e azt a kísérletet, amelyben a pisai ferde toronyból leejtett két különböző súlyú testet, de a lejtőn való mozgás pontos leírásával, és kísérleteivel ő mért nagy csapást az arisztotelészi fizikára. Galileit tartjuk az első nagy kísérleti fizikusnak, bár már előtte is voltak kísérletezők. A kr. u. második században élt Claudiusz Ptolemaiosz, akinek a nevéhez fűződik a geocentrikus elmélet kifejlesztése, a fénytörés törvényszerűségeinek

tanulmányozása céljából kísérleteket végzett. (Gamow, 1965. 35.o.) Petruss Peregrinusz pedig a mágnest tanulmányozta kísérletileg a 13. században. (Simonyi, 1978. 135. o.)

Ezzel tehát kifejlődött a fizika, de további idő kellett ahhoz, hogy az oktatásba is bekerüljön. Comenius (1592-1670) volt az első, akinek sikerült az új természettudományi szemléletet és az új módszereket az iskolában is meghonosítani. A Didactica Magna (a Didaktika alaptörvényei) című munkájában kimondja, a tanításnak a dolgok szemléltetésével, nem pedig szóbeli leírásával kell kezdődni. Ő az első, aki tervezeteiben az alsó- és középfokú iskolákban is helyet ad a fizikai ismereteknek. Orbis pictusában (Festett világ) természettudományos olvasmányokat nyújt, ezeket képekkel teszi szemléletessé. Az ő hatására vonul be a fizika az iskolába, természetesen nem mint önálló, különálló tantárgy (Comenius 1992).

Bár a szemléltetés elve már Comenius előtt is felmerült egyes gondolkodóknál (Rabelais, Morus), mégis ő volt az első, aki nagyon fontosnak tartotta azt. A tanítás mellett a megismerés forrásának is ezt tartotta. Ahogy mondja: „A megismerésnek és az iskolai oktatásnak is a létező megfigyelésből kell kiindulnia" (Comenius 1992).

A szemléltetést tekintette az oktatás alapjának Pestalozzi (1746-1827) is. Ahogy mondja: „Ha visszapillantok életemen s megkérdezem magamtól, mit is tettem tulajdonképpen a nevelésügy előmozdítását illetőleg, azt találom: a tanítás legfőbb elvéül a szemléletet ismertem el." (Pestalozzi 1959) A szemléletességet tágabban értelmezi. Míg Comenius fő figyelmét az ismeretek elsajátítására fordította, nem szentelve munkáiban kellő figyelmet az értelem és a képességek kifejlődésére, addig Pestalozzi fő figyelmét az utóbbira fordította, és ezek szolgálatába állította a szemléletességet is. Ezzel megelőzte korát.

A fizika tanításával kapcsolatban az első törvényes intézkedés a németországi Gothaban lát napvilágot. 1662-ben a latin iskola tananyagába felveszi "a természeti dolgok és más hasznos tudományok" tanítását. Ajánlott eszközök a tanításhoz: iránytű, mágnesek, fonálvízszintező, súlyok, homokóra, stb. A tanításhoz módszertani útmutatást is ad, melyek közül a legjelentősebbek a szemléletesség és a tanulók öntevékenységének az elve. Megengedi, hogy az egytanítós iskolákban a fizikai ismeretek, mint olvasmányok szerepeljenek, és a taneszközök helyett azok rajza is elegendő.

A gothai iskola nyomán két irányzat alakult ki. Az egyiket Francke (1663-1727) és követői, a pietisták képviselték. Ők a fizikatanításhoz hozzáértették a műhelyek látogatását is. Ettől kezdve ez az irányzat szinte állandóan jelen van a fizikatanításban, üzem- és gyárlátogatás formájában a mai oktatás is felhasználja.

Basedow (1723-1790) és követői, a filantropisták szerint a fizikatanítás a szemléltetésen és a kísérleteken kell, hogy nyugodjon. Természetesen a szemléltetés és a kísérletezés módszerei az időben változtak.

Az önálló fizikatanítás Európa szerte az 1700-as évek végén és az 1800-as évek elején indul. A gőzgép ipari felhasználása, a nagy ipari forradalom nemcsak a termelést forradalmasította, hanem jelentős hatást gyakorolt az oktatásra is. A feltörő polgárság érdeke a természettudományos műveltség terjesztése, és ezért kap helyet a tantervekben a fizika, mint önálló tantárgy.

2.3. Fizikatanítás Magyarországon

996-ban a mai Pannonhalmán - ezt a nevet a XIX. században Guzmics Izidor és Kazinczy Ferenc adta - akkori nevén Szent Márton hegyen alakult meg az első iskola Magyarországon. Az 1010-es években Pannonhalmán volt iskolás fiú Mauritius (Szent Mór), a majdani pécsi püspök. Az iskolát a bencések alapították, később a többi szerzetesrend is hasonló típusú, úgynevezett kolostori iskolákat működtetett. Az iskolák tanulmányi rendje háromfokozatú volt. Elemi szinten a növendékek olvasni és énekelni tanultak. Középszinten a „hét szabad művészet" (grammatika, retorika, dialektika, aritmetika, geometria, asztronómia és zeneelmélet) tudományaiból kialakult komplex ismeretrendszerek készségek kerültek sorra. A grammatika (a latin nyelv szabályai), a diktámen (írásművészet, prózai és költői stílusismeret, elemi jogi ismeretek, a logikus érvelés szabályai) valamint a kompútusz (tág tartalmú csillagászat, időszámítás, tájékozódás múltbeli eseményekben, földrajzi, egészségügyi ismeretek) tartoztak ezek közé. A felsőfokon filozófiai, teológiai, jogi és orvosi ismeretekre tettek szert a tanulók.

A XV.századtól városi plébániai iskolák működnek minden városban. Itt már nemcsak a klerikus utánpótlás volt a cél, hanem a helyi hivatalnok-, iparos- és kereskedőréteg érdekei is előtérbe kerültek. Később már magániskolák is létrejöttek.

A mai főiskoláknak felel meg a Studium Generale. Az első 1305-ben létesült a budai Szent Miklós kolostorban. 1384-től, Esztergomban az Ágoston-rend studium generaleja működött. 1590-ben, Nagyszombatban katolikus főiskola nyílt.

Bár az első egyetem Magyarországon csak 1367-ben Pécsett nyílt meg, a magyar fiatalok már előtte is tanultak Európa számos egyetemén. 1158-ban, Párizsban tanult Lukács, aki esztergomi érsek lett. Magyarországi Miklós (Nicolaus Hungarus) 1194-96 között Oxfordban tanult. Az említett pécsi egyetemet I. Nagy Lajos alapította jogi és orvosi karral és 10 évig működött. 1395-től 4 karral 25 évig működött az óbudai egyetem.

1635-ben, Nagyszombatban Pázmány Péter (1570-1637) alapította meg a mai Eötvös Loránd Tudományegyetem elődjét. Az egyetem, 1777-ben Mária Terézia rendelkezésére Budára, majd 1783-ban Pestre költözött. Az egyetemnek először csak két kara volt, a jogi kar csak 1667-ben, az orvosi csak 1770-ben alakult meg. Pázmány Péter 1598/99-es és az 1599/1600-as tanévben, Grazban fizikát is tanított a szokásos filozófiai előadássorozatban. Az előadás természetesen Arisztotelész könyve alapján történt, Pázmány előadása világos, érvelése kifogástalan volt.

Az egyetemen külön tantárgyként fizikát 1675-ben Cseles Márton, 1677-ben Meleghy Ferenc és Schetter Károly tanított. 1754-től van matematikatanítás és matematikus képzés.

A kísérleti fizikaoktatás nyomaival korán találkozunk hazánkban is. A nagyenyedi Bethlen kollégiumban pl. Bisterfeld már az 1622-25-ös években kísérleti fizikát tanít. A fizika önálló tárggyá a latin gimnáziumokban Mária Terézia uralkodása alatt, az 1777-ben kiadott Ratio Educationisszal válik. Ez az a törvény, ami először szabályozza átfogóan a magyar közoktatást. Ekkor a három éves gimnáziumok első osztályában heti 1 órában, a második évben heti 5 órában tanították a fizikát. II. József uralkodása alatt a többi természettudománnyal együtt a fizika óraszáma is lecsökkent. Az 1806-ban kiadott Ratio Institutionis biztosít ismét nagyobb szerepet a fizika oktatásának. Az 1810-es tantervben a fizika természettan néven szerepel a VII. és a VIII. osztályban. A tanítás nagyrészt kísérletek nélküli előadásból, könyvek és jegyzetek tanulmányozásából állt.

Az 1766-os országos összeírás alapján, az akkori Magyarországon: 2 egyetem, 13 főiskola, 121 középiskola és 4 szakiskola működött. Ebből a mai Magyarország területén nem volt egyetem (a 2 egyetem Nagyszombatban és Kassán volt), volt főiskola Győrben, Budán, Sárospatakon és Debrecenben, 61 középiskola volt, ebből 31 katolikus a többi protestáns, és a 2 szakiskola Pesten és Egerben működött.

1780-ban jelenik meg az első állami népiskolai rendtartás. 1796-ban, a sárospataki gimnáziumban már egyes tantárgyakat magyarul (nem pedig latinul) tanítanak. 1828-ban, Egerben működik az első magyar tannyelvű tanítóképző. Az első fizika tankönyvet Pósaházi János a Sárospataki Kollégium filozófia professzora írta. A könyv címlapja látható az 1. ábrán.

Pósaházi János (1628(32)-1686(9)) Sárospatakon született. Comenius volt a tanára. 1652-53-ban Hollandiában volt tanulmányi úton. 1657-ben került Sárospatakra tanítani. A fizika tanítása során szembe fordult Arisztotelésszel. Éles szemű megfigyelő, kísérleti fizikus módján írta le a jelenségeket. Tett néhány bátor kijelentést. Elmondta, hogy a kopernikusok a Földet a bolygók közé számítják.

2-1. ábra

Pósaházi Philosophia Naturalis-ának címlapja

370 oldalas könyve 1667-ben jelenik meg, ebből 285 oldal fizika. A 18 fejezet címei a következők:

1. A fiziológia természetéről
2. A testről általában
3. A helyről
4. Az időről
5. A mozgásról
6. A természeti testek elveiről
7. Az atomokról
8. A kontinum összetételéről
9. Az anyagnak 3 osztályba való sorolásáról. Ebből a világ elemeinek szerkezetéről
10. A tűzről vagy fényről
11. Az éterről
12. A világ fényeiről
13. A földről (de lelluse) és a földi (terestrium) testek természetéről általában
14. A vízről
15. A levegőről
16. A földről (de terra)
17. A legfontosabb földi testekről
18. A meteorokról

Az első olyan fizika tankönyv, amely valóban tankönyv is lett 1719-ben, Szatmáry Mihály munkája. Címe: „Összevont fizika, melyet neoteritikusok elvei szerint állított össze a híres marosvásárhelyi kollégium számára Szatmáry Mihály szerző, filozófus, ugyanitt professzor, 1719-ben.” A könyv két szokásos fő részre: a „generális”-ra és a „speciális”-ra

oszlik. A generális a "természeti testek tudományát" jelentette. A speciális tárgykörbe tartoztak: a légkör tüneményei, a Földdel kapcsolatos tudnivalók, éghajlati zónák, a földrengés, villámlás stb. A könyv beosztása hasonlít Pósaházi könyvéhez.

Nagyszombatban, az 1750-es években jelentek meg fizikakönyvek. Ádány András: A természet filozófia első része, általános fizika (1755). Jaszlinszky András: Fizikai tanítások első része, általános fizika (1756). Jaszlinszky András: Fizikai tanítások második része, vagy különös (partikuláris) fizika (1756). Reviczky Antal: A természetfilozófia elemei. Második rész vagy különös (partikuláris) fizika (1758). A szerzők vagy nem hivatkoznak forrásokra, vagy olyan sok nevet sorolnak fel, hogy nem lehet igazán tudni, hogy ki vagy kik voltak az igazi források. Az, hogy ezekben az években fellendült a fizikakönyvek kiadása, talán annak is tulajdonítható, hogy 1757-ben feloldották azt a tilalmat, amelyben az egyház 1616-ban megtiltotta Galileinek, hogy Kopernikusz rendszerét tanítsa. Igaz hogy Kopernikusz 1543-as könyve, és Galilei 1632-es műve csak 1835-ben került le a pápai indexről.

Az első olyan tankönyvet, amely már tartalmazza a newtoni fizikát Makó Pál írta 1763-ban. Kerekgedei Makó Pál (1723-1793) Jászapátiban született. A középiskolát a jezsuiták egri intézetében végezte, ahol 1741-ben belépett a rendbe. 1758-ban a nagyszombati egyetem oktatója lesz. Említett fizika könyvének második kiadása Bécsben jelent meg 1766-ban. Több tankönyv ezt a dátumot említi, mint a kiadás évét. A könyvet 1766-ban kiadták Pozsonyban és 1796-ban Velencében.

A 18. században a protestáns iskolák közül Sárospatakon és Debrecenben alakult ki kísérletekkel folytatott fizikatanítás. ifj. Csécsi János (1689-1769) Pósaházi János tanítványa volt. Tanult Hollandiában, Angliában, Svájcban, Franciaországban és Itáliában. 1712-ben jött haza Sárospatakra. Tanított egyháztörténetet, görög, héber, magyar nyelveket, filozófiát, fizikát, matematikát, földrajzot és teológiát. Tanári működéséről részletesen kidolgozott önéletrajzából tudunk. Ebből kiderül, hogy 1717-19 között heti 30 órában tanított. 1715. május 4-én keltezett bejegyzésében írta, hogy elkezdte a kísérleti fizika előadását kísérletek elvégzésével. 1717-ben előadásra került az egész experimentális fizika. 1718-ban egy hónapig optikát tanított.

A sárospataki főiskola fizikai eszközeinek az első leltárát Szilágyi Márton (1748-1791) készítette el, aki 1773-tól volt a fizika professzora. A leltárban 132 db eszköz szerepelt. Néhány eszköz a leltárból: Hevelius-féle éggömb 1730-ból (készült Nürnbergben, 1728-ban), az éggömb Debrecenben lévő példányának képét lásd a 2. ábrán. 20 cm átmérőjű lencse fatokban, univerzális hőmérő, Hooke-féle mikroszkóp *(lásd 2.3. ábra)*, 60 cm hosszú csillagászati messzelátó, légszivattyú, felfelé siető kettős kúp *(lásd 2.4. ábra)*, dörzsölési villanygép. Megtalálhatók Szilágyi Márton vizsgakérdései az 1785-86-os tanévből. Az előírt tankönyv Hollman tankönyve volt, mely 1742-ben jelent meg és címe alapján kísérleti fizikát tartalmazott. (Hollman 1696-1787, göttingeni professzor, a könyv címe: Primae Physicae experimentalis lineae.) Néhány ma is aktuális vizsgakérdés: a hang eredete, magassága, sebessége, stb.

2-2. ábra

A legrégibb magyarországi „matematikai instrumentum": éggömb 1700-ból
Debrecen

2-3.ábra

Hooke-féle mikroszkóp. Sárospatak

Csillagászati messzelátó 60 cm hosszú vörös facsőből. Sárospatak

2-4.ábra

Felfelé siető kettős kúp. Sárospatak

Dörzsölési villanygép. Sárospatak

Az 1777-ben Nagyszombatról Budára költözött egyetem szállítási jegyzékéből kiderül, hogy a fizikai intézetből 62, a mechanikai intézetből 44 eszközt szállítottak Budára. Az eszközök hasonlóak voltak, mint a fent említettek. Itt is volt lejtőn felfelé szaladó kettőskúp, mérlegek, csigasorok, prizmák, tükrök mikroszkópok stb.

Pozsonyban, 1792-ben jelent meg Barczafalvi Szabó Dávid könyve: A tudományok magyarul címmel. A könyv magyar nyelve nehézkes. A szerző szembefordult a Kazinczy-féle nyelvújítással, szerinte a romlatlan magyar nyelv is alkalmas bármilyen tudományos kifejezésre. Mai fülünk számára elég furcsán hangzó szavakat alkotott, pl. a "geologia philosophica" magyarul "fődértékség". Ő matematikát és fizikát is magyarul tanított. Benyák Bernát piarista tanár előzte meg őt, aki már 1777-ben a budai piarista iskolában magyarul tanított fizikát, filozófiát (logikát).

A 1790-91-es Országgyűlésen kezdődött a harc a magyar nyelven való oktatásért. A törvény csak 1844-ben született meg, de Sárospatakon már 1796-ban elrendelték a magyar nyelven való tanítást. Magyar nyelven, németről fordítva jelent meg 1798-ban, Pozsonyban: A mechanikának rövid summája. A 30 oldalas könyv 12 ábrát tartalmazott az egyszerű gépekről (lásd 5. ábrát).

2-5.ábra

„A mechanika rövid summája" című könyv ábralapja az egyszerű gépekről

Debrecenben nem jelent meg fizikatankönyv. De Sárvári Pál és Kerekes Ferenc 1840-ben készített leltárából kiderül, hogy az 1700-as években már itt is sok kísérleti eszköz volt. Az eszközök nagy részénél a beszerzés évszáma is megtalálható. Így az 1700-ból származó Hevelius-féle éggömb (a 2. ábrán volt látható) Magyarországon a legrégebben nyilvántartott fizikai eszköz. Sok az ugyanolyan eszköz, ami már Sárospatakon is megtalálható. 1721-ből fennmaradtak latin nyelvű jegyzetek az előadásokról. Az egyiken jól látható a Camera obscura (lásd 6. ábrát).

2-6.ábra

1721-ből fennmaradt debreceni fizikajegyzet egy lapja

Nevezetes egyénisége Debrecennek Hatvani István (1718-1786), aki az ördöngös jelzőt kapta. Filozófiakönyvének címlapja a 7. ábrán látható. Bejárta Európát, utazásainak főbb állomáshelyei: Bécs, Basel, Zürich, Utrecht, Leyden, Hamburg, Berlin. Először teológiát végzett, azután az orvosi fakultást 15 hónap alatt. 1748-ban került Debrecenbe. Magával vitte Mussenbrock fizikakönyvét Hollandiából. A könyv a debreceni Nagykönyvtárban található Hatvani István sajátkezű aláírásával, címlapja a 8. ábrán látható. Az első magyar matematikus, aki nemcsak ismerte a valószínűségszámítást, de alkalmazta is azt a halandósági statisztikával kapcsolatban. Debreceni professzori székfoglalójának címe: A matematika hasznáról a teológiában és szükségességéről a fizikában. Ezeknek a székfoglalóknak nagy jelentősége volt abban a korban. Lényeges adatokat szolgáltatnak a professzor egyéniségéről és a tudományos magatartás a megismeréséről. Hatvani először rámutat arra, hogy mennyire elhanyagolt a hazai iskolákban a matematika oktatása. A teológiával a nagyobb hangsúly kedvéért kezdi beszédét, hiszen a beiktató beszéden a református egyház és a város vezetői is jelen vannak, nemcsak a diákok. A matematika szerepe azért olyan fontos, mert ez az egyetlen tudomány, amely igazságokra vezet. Módszereinek ismertetése biztos vezérfonal a tudomány minden területén. Ezért a teológusoknak is szükségük van rá. A matematika a szentírás megítélésében is nélkülözhetetlen.

2-7.ábra

Hatvani filozófiakönyvének címlapja

2-8.ábra

Musschenbroek fizikakönyvének címlapja, Hatvani sajátkezű aláírásával (a debreceni Nagykönyvtárban)

A beszéd második részében tér rá arra, hogy a fizikát pedig végképp nem lehet matematika nélkül tanítani. A mozgás mennyiség, és a mennyiség változásának a vizsgálata a matematika tárgya. A fizika többi fejezetéhez is szükség van matematikára. Széles látókörét és modern felfogását mutatja, hogy fontosnak tartja a matematika alkalmazását a mezőgazdaságban és a technikában is. A malmok, a vízvezetékek, az épületek tervezésénél ugyanúgy szükség van rá, mint az örökségek felosztásánál, a haditechnikában és a közgazdaságtanban. Lósy Schmidt Ede, Hatvani István leszármazottja, később közreadja Hatvani István életrajztöredékét. Ebből tudhatjuk meg, hogy Hatvani István kísérleti fizikát tanított. „Három év alatt tehát az egész kísérleti fizikát bevégeztem. A téli időszakban azonban a hideg előadótermekben a kísérleteket nem lehetett bemutatni.”. 1749-ben elektrica machinát vett, 1776-ban egy újat, elektroforral együtt (Alessandro Volta (1745-1827) 1775-ban találta fel az elektrofort). A Volta-féle elektrofor és használata a 9. ábrán látható, a fényképek a később bemutatandó Roiti-féle könyvből valók.

2-9.ábra

Volta-féle elektrofor

Az elektrofor kezelése

A 19. század nagy kísérletezője a győri líceumban 1824-től 1831-ig tanító Jedlik Ányos, aki fennmaradt kéziratai szerint 292 tanári kísérletet mutatott be. Az 1620-ban letelepedett jezsuita rend Győrben rendházat alapított, iskolát és könyvtárat hozott létre. Ez az ország egyik első barokk épülete. A jezsuita rend 1773-as feloszlatása után, 1802-ben a bencések kapták meg a rendházat és az iskolát. Az itteni tanárok zöme tevékeny alakítója is volt saját tudományterületének, csak néhány név: Czuczor Gergely, Rónay Jácint, Romer Flóris, Bierbauer Lipót, Ferenczy Viktor, Vaszary Kolos és Radó Polikárp.

Valamennyiük közül kiemelkedik Jedlik István (1800-1895). A Komárom megyei Szimnőn született. A gimnáziumot Nagyszombatban és Pozsonyban végezte el. 1817-ben lép be a bencés rendbe, akkor kapja az Ányos nevet. Ő fedezi fel a szódavíz készítésének a módját 1828-ban. 1831-ben Pozsonyba kerül az Akadémiára. 1840-től lesz Pesten, a mai Eötvös Loránd Tudományegyetem elődje, Kísérleti Fizika tanszékének vezetője. 1845-től már magyar nyelven folyik az oktatás, így Czuczor Gergely és Toldy Ferenc kérésére sok magyar műszaki szót alkot, pl.: merőleges, tehetetlenségi nyomaték, eredő erő, dugattyú, hullámtalálkozás. 1850-ben jelenik meg a "Természettan elemei" című könyv. 1861-ben fedezi fel a dinamó elvét (ez a leghíresebb találmánya), 1863-ban olyan optikai rácsot készített, aminek 1 mm-ére 2093 vonal volt rajzolva. Ma sincs ennél nagyobb felbontó képességű rács. Az 1873-as bécsi világkiállításon csöves villámfeszítőjével 1m-es villámokat tudott létrehozni. 1878-ban kérte nyugdíjazását, utóda Eötvös Loránd lett. Jedlik Ányos visszakerült Győrbe, ahol folytatta a tanítást és a tudományos kutatást. Jedlik munkája előtt tisztelegve a Jedlik Ányos Társaság és a mai nevén Czuczor Gergely Bencés Gimnázium az iskola épületében 1994-ben Jedlik Ányos állandó kiállítást hozott létre. A világszínvonalú kiállítást minden fizikatanárnak kötelessége megtekinteni. Jedlik bútorai és eszközei mellett az általa használt kísérleti eszközök úgy vannak kiállítva, hogy azok működnek is.

A szabadságharc bukása után az osztrák tanügyi kódex (1848. Organisations Entwurf) alapján folyt hazánkban is a fizika tanítása. Az algimnáziumban a III. osztály második félévében és a IV. osztály mindkét félévében heti 3 órában, a főgimnáziumban a II. és a III. évben ugyancsak heti 3 órában tanítottak fizikát.

1846-ban a mai Magyarország területén egyetem Pesten, önálló főiskola Egerben, Pécsett, Szombathelyen, Győrben és Vácott volt. Gimnáziummal együttműködő főiskola a következő városokban volt: Debrecen, Komárom, Kecskemét, Miskolc, Sopron, Sárospatak, Szarvas és Szeged. Középiskola (nagygimnázium, kisgimnázium és szakiskola) 73 működött.

1851-ben rendeleti úton bevezették az érettségi vizsgát. A megjelent fizika könyvek már magyar nyelven íródtak. Ritkaság volt, hogy külföldi tankönyvet fordítsanak magyarra. A fordítások közül kiemelkedik az 1895-ben a Mathematikai és Physikai Társulat ajánlására, a Királyi Magyar Természettudományi Társulat által kiadott, nagyon szép kivitelű, bőrkötésű tankönyv. Címe: A fizika elemei. A két kötetes könyv 847 db ábrát tartalmaz, közülük 3 színes, és a könyv 1470 oldalas. A könyv írója az az olasz Antonio Roiti, a firenzei egyetem professzora. A könyvet Czógler Alajos (aki írt fizikatörténeti

könyvet) fordította, és Bartoniek Géza egészítette ki magyarázatokkal. A könyv részletesen és pontosan tárgyalja korának fizikáját. A fény elektromágneses hullám elmélete is szerepel már benne.

A következőkben néhány kísérleti eszközt mutatunk be a könyvből. A 10. ábrán a Morin-féle ejtőgép szerepel, ilyen eszközzel még a 60-as években jelen írás szerzője is dolgozott. Az eszköz azóta a Természettudományi Múzeumba került. A Q súly és a lapátok közegellenállása biztosította a henger egyenletes forgását. A hengeren kirajzolódott a fecskendezős rajzeszköz segítségével az eső test út-idő grafikonja. A *2.11. ábra* egy centrifugális gépet mutat. A 2.12. ábrán a felhajtóerő bemutatására szolgáló hidrosztatikai mérleget láthatjuk. *A 2.13. ábrán* a Papin-féle fazék látható. A *2.14. ábrán* látható interferencia-cső nagyon hasonlít a ma is használatos Quinke-féle csőhöz. A *2.15. ábra* már a második kötetből való, és azt szemlélteti, hogy hogyan lehet valódi képet előállítani.

2-10. ábra

Morin-féle gép

2-11.ábra

Centrifugális gép

2-12.ábra

Hidrosztatikai mérleg

2-13.ábra

Papin fazeka

2-14.ábra

Interferencia-cső

2-15.ábra

A valódi kép szemléltetése

A Tanácsköztársaság idején működő középiskolai Fizikai Albizottság, az akkor 5 éves középiskolában, az I. és a II. osztályban heti 2 órában, a III., a IV. és az V. osztályban pedig heti 4 órában javasolta a fizika tanítását. Az előadások mellett „egy frontban dolgozó" tanulói kísérleteket és laboratóriumi gyakorlatokat javasolt. Úgy tervezték, hogy az I. és II. évben elő kell készíteni a fizikát, a III. és IV. évben tárgyalják a fizika rendszeres anyagát, és végül az V. évben az ismert matematikai eszközök birtokában - differenciálás és integrálás - lehet kiegészítő, elmélyítő és rendszerező ismereteket adni.

A két világháború között a gimnázium és a reálgimnázium III. osztályában heti 2 óra, a reáliskolában heti 3 óra, a VII. és VIII. osztályban, mindhárom iskolatípusban heti 4 órában tanítottak fizikát. Jelentősebb tankönyvek a korból Mikola Sándornak (1871-1945) az 1926-ban írt könyve: Fizika a gimnáziumok és a lánygimnáziumok számára és Öveges Józsefnek az 1941-ben és 1945-ben írt gimnáziumi tankönyvei. Öveges Józsefről az általános iskolai fizikaoktatás kapcsán még részletesen írunk.

Az 1950. évi tanterv és annak módosítása a II. , III. és IV. osztályban reáltagozaton 2, 5, 5 (illetve 2, 4, 5), a humán tagozaton 2, 4, 4 (illetve 2, 3, 3) órában szabályozta a fizika tanítását.

Az 1954-ben Bor Pál és Bodó Zalán vezetésével a gimnáziumok IV. osztálya számára írt tankönyv már tartalmazza az új tudományos eredményeket is. A magfizika elemei, a radioaktív sugárzások, a maghasadás folyamata és ezek alkalmazásai is szerepelnek a könyvben.

Az 1960-as évek végén jelentek meg a tagozatos osztályok tanítása során jól használható gimnáziumi fizikatankönyvek. Ezeket Jánossy Lajos akadémikus vezetésével, Holics László, Párkányi László fizikatanárok írták.

A 70-es években a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával kísérletek történtek az integrált természettudományi tantárgyak tanításának a bevezetésére. A kísérlet során kialakított tantárgyak azonban a magyar oktatásban nem terjedtek el. A kísérlet eredményeit később felhasználták az 1980-ban megjelent új fizika tankönyvsorozat készítése során.

A tankönyvek alkalmazása megosztotta a fizikatanár társadalmat. A tankönyvek szemléletét, nehéz taníthatóságát és tanulhatóságát számos fizikatanár és fizika oktatási szakemeber kritizálta. Vermes Miklós (1905-1990), az ország egyik legelismertebb fizikatanára vállalkozott egy új tankönyvsorozat elkészítésére. Ez a kísérlet sem aratott osztatlan sikert. Előnye volt a tankönyveknek a sok jó kísérleti leírás és gyakorlati alkalmazás bemutatása.

Veremes Miklós az Evangélikus Gimnáziumban Mikola Sándor mellett kezdte el a fizikatanítást. 1950-ben került Csepelre, a Jedlik Ányos Gimnáziumba, ahol haláláig tanított. A középiskolai és az Eötvös fizikaversenyek szervezője volt. Sok szép feladatot készített nemcsak ezekre a versenyekre, hanem a Középiskolai Matematikai Lapok fizika rovatának számára is.

Az Eötvös Loránd Tudományegyetem gyakorlóiskoláinak fizikatanárai, Kovács István tanszékvezető vezetésével írtak egy sorozatot Fizika és számítástechnika címmel. A három tankönyv (az I. osztályban több iskolában, a hivatalos tantervvel ellentétben, nem tanítottak fizikát) számítástechnikai programokkal is segítette a fizika tanítását.

1985-től, s különösen az 1989-ben megkezdődött rendszerváltozás után lehetőség nyílt alternatív fizikatantervek és tankönyvek készítésére. Azóta nagyon sok, igen különböző

stílusú és minőségű, fizikatankönyv jelent meg. Jó néhány év kell, amíg ezek közül a szabad verseny alapján kiszűrődnek majd azok, amelyek használhatók lesznek.

Eddig csak a gimnáziumi fizikatanítással foglalkoztunk. A gimnázium mellett 1868-ban létrejött a polgári iskola a 10-14 éves tanulók számára. Ebben az iskolatípusban a fizika önálló tantárgyként szerepelt. A tantervek azonban labilisak voltak, mert a polgári iskola nem találta a helyét a gimnázium és a népiskola között.

A polgári iskolai fizikatanítás célja az volt, hogy megtanítsa a tanulókat a helyes látásmódra és gondolkodásra. Az 1927-es tanterv pedig már a tanulói kísérletezés bevezetését szorgalmazta. 1950-ben megszűntek a polgári iskolák.

A mai értelemben vett általános iskola előzménye a népiskola volt. Az uralkodó 1844. június 1-én írta alá a népiskolák újjászervezéséről szóló rendeletet. 1851-ben visszaállították a népiskolai szakképzést. 1868. június 23-án Eötvös József nyújtotta be a képviselőháznak a népoktatási törvény tervezetét. A kiadott népiskolai tanterv - a népiskola 6 osztályos iskolát jelentett - a többtanítós osztályokban az V. és VI. osztályba, az egytanítós iskolákban a VI. osztályba helyezi a fizika tanítását. Mivel a tanulók egészen kis töredéke végezte el az V. és a VI. osztályt, ez azt jelentette, hogy csak kevesen tanultak fizikát.

Az 1905-ös tanterv a VI. osztályban természettan és vegytan tanítását vezette be heti 2 órában.

Az 1913-as fővárosi tanterv utasítása a következő kísérlettípusokat sorolja fel:

1. Alapkísérlet, melyből a tanítás kiindul.
2. Kutatókísérlet, amellyel a tünemény körülményeit vizsgálják.
3. Igazolókísérlet, amely a megállapított törvényt igazolja.

Az 1941. évi tanterv (Az 1940. évi XX. törvénycikk 8 osztályossá teszi a népiskolát) a városi iskolákban VII. és VIII. osztályban, a falusi iskolákban VI. VII. és VIII. osztályban természeti, gazdasági és egészségügyi ismeretek cím alatt adott minimális fizikai ismereteket.

2.4. Az általános iskolai fizikatanítás

A mai szóhasználattal általános iskolának nevezett 8 osztályos iskola 1946-ban jött létre a 6-14 éves gyermekek nevelésére. A cél az egységes, alapvető műveltség megadása volt. Ebben a műveltségben jelentős szerepet kaptak a természettudományi tantárgyak, így a fizika is. A fizikának külön kitüntető szerepe volt, mert ettől várták a világnézeti nevelés és a műszaki-gyakorlati életre való nevelés megalapozását. Ekkor a 7. osztályban heti 3 órában volt fizika. Igényes kísérleti fizikatanítást kívánt, de az anyag túlméretezett volt, ezért módosítani kellett a tervet.

Az 1950-es tanterv javító szándékkal felemeli a fizika órák számát. Ez eddig heti 3 óra a 7. osztályban, mellette a 8. osztályban is volt még 2 óra. Az óraszám emelésével együtt növekedtek a feladatok is. A 8. osztály anyagában helyet kapott a modern fizika fejezeteiből is néhány rész: elektromos áram gázokban, vákuumban, elektromágneses rezgések és hullámok és az atomfizika elemi ismeretei. A taneszközökkel hiányosan felszerelt iskolákat a minisztérium az univerzális felépítésű Csekő-féle ládákkal látta el.

Csekő Árpád (1902-1993) a kísérleti eszközök építésével és tervezésével legalább olyan kiemelkedő pedagógusa volt az általános iskolai fizikatanításnak, mint Jedlik Ányos és Vermes Miklós a gimnáziumi fizikatanításnak. Apponyi-

kollégistaként végzett. Első igazi munkahelye a jászberényi Tanítóképző. Amikor 1938-ban a pápai Tanítóképző igazgatójává nevezték ki, tízezernél több eszközből álló, saját fejlesztésű szertárat hagyott utódjára.
1949-től a Szilágyi Erzsébet Gimnáziumban, 1957-től a Petőfi Sándor Gimnáziumban tanított. 1963-ban került az Eötvös Loránd Tudományegyetem Atomfizika Tanszékének módszertani csoportjába. Éveken át vezette a demonstrációs laboratóriumot, segítette a tanszék fiatal oktatóit. Nyugdíjasként az Országos Pedagógiai Könyvtár és Múzeum szaktanácsadójaként dolgozott, neki köszönhető, hogy a tanszék régi eszközeit, Eötvös Loránd kísérleteit összegyűjtötte és részben a Természettudományi, részben a Pedagógiai Múzeumban elhelyezte. Megjelent a hosszú ideig egyetlen kísérleti gyűjtemény, a Csada-Csekő-Jeges-Öveges: Fizikai kísérletek és eszközök című könyv.

Az általános iskolai fizikatanításban mérföldkövet jelentett Öveges József (1895-1979) megjelenése. Az általa írt tankönyvek: Kis fizika az általános iskolások számára (1946), az Élő fizika (1952), Játékos fizikai kísérletek (1953), Kis fizika I. (1953), Kis fizika II. (1954) stb., utat mutatnak a kísérleti fizika tanításában. A Kísérleti fizika I. és II. könyvet a Nemzeti Tankönyvkiadó 1995-ben újra megjelentette.

Öveges József maga volt a tökéletes tanár. Pákán született, apja tanító volt. 1912-ben került Győrbe, a piarista rendbe. 1915-19 között a Budapesti Tudományegyetemen végzett matematika-fizika szakos tanárként. 1948-ig különböző piarista gimnáziumokban tanított. Legfontosabbak voltak közülük az 1930-40 között Tatán eltöltött évek. 1948-55-ig a Budapesti Pedagógiai Főiskola Fizika tanszékének a vezetője. 1955. február 6-án a Minisztertanács 1017/1955. határozata szüntette meg a Főiskolát. Az ELTE Tanárképző Főiskolai Kara ennek az 1955-ben megszűnt Budapesti Pedagógiai Főiskolának az utóda, 1975-ben még mint az Egri Tanárképző Főiskola Kara, de 1983-óta az Eötvös Loránd Tudományegyetem Tanárképző Főiskolai Kara.
A Pedagógiai Főiskola megszűnésével nyugdíjba vonul és csak a fizikatanításnak él. További könyvei, rádiós műsorai és főként televíziós filmjei, mind a fizikatanítás alapdokumentumai. 256 rádiós adása mellett volt 135 televíziós adása is. A kilenc részből álló, Legkedvesebb kísérleteim sorozatban megjelent TV filmjei bemutatják, hogy kísérletekkel hogyan építhető fel, hogyan valósítható meg egy-egy fizikaóra.

Az Öveges-féle könyvek és a Csekő-féle kísérleti eszközök segítettek abban, hogy az általános iskolai fizikatanítás fejlődésnek indult. Az 1950. évi 21. törvényerejű rendelet mondja ki, hogy az általános iskolai szakos tanárokat pedagógiai főiskolákon kell képezni. 1952-ben megalakult a Központi Pedagógiai Továbbképző Intézet. A tantervi célkitűzések azonban megvalósíthatatlannak bizonyultak. A maximális terv (nemcsak fizikából) a tanulók túlterheléséhez vezetett. Ellenreakcióként a tananyagot többször is csökkentették.

Az 1958-as tanterv meghagyta a tananyagcsökkentő rendelkezéseket. Mivel az általános iskola célja a továbbtanulás volt, így nem zárta le a tanulandó anyagot, hanem a középiskolákra készített fel. Csiszolta a tanított fizikai fogalmak (fajsúly, sebesség, nyomás, stb.) tartalmát, követelményszinteket (ismeret, jártasság) állapított meg.

Határozottan igényelte a tanulói kísérletezést, bevezette a fizikai számításos feladatmegoldást. A fizika tanítása a 7. osztályban heti 3, a 8. osztályban heti 2 óra volt. Az 1962-ben életbe lépett általános iskolai reformtanterv tovább emelte a fizikaórák számát. Ekkor már a 6., 7. és a 8. osztályban is heti 2 órás tantárgy lett a fizika.

Az MSZMP Központi Bizottsága 1972-es oktatáspolitikai határozata – míg a mai megítélések szerint is – bizonyos mértékig kitörési kísérletként értelmezhető. s áttételesen segítette a fizikaoktatás fejlődését is. Az általános iskolai természettudományos oktatás céljaként, az általános természettörvények felismerésének útját végigjárva, a tanulókban az önálló, továbbfejlesztésre alkalmas természettudományos világkép kialakítását tűzte ki célul. Ezek érdekében az 1-5. osztályban egységes természetismeret tantárgyat iktatott az óratervbe. A 6, 7. és 8. osztályban önálló tantárgy lett a fizika mellett a biológia, a földrajz és a kémia. A fizika mindhárom osztályban heti 2 órás tantárgy lett. Vállalta a fizika, hogy egyes fogalmak előkészítésével, elősegíti a biológia és a kémia tanítását. Előre hozta az energia témaköréből a hőközlést és a hőmérsékletet, hogy ezzel segítse a biológiában az

anyagcsere tanítását. A kémia tanításának a segítésére a 7. osztályba hozta előre az elektromos áram tanítását.

Megosztotta a fizikus társadalmat a 6. osztályos tananyagban a kölcsönhatások között szereplő test-tér kölcsönhatás. Ehhez be kellett vezetni a gravitációs erőtér fogalmát. (Egyes tankönyvek szeretik az erőtér helyett a mező szót használni.)

Az Iskolai Tanszer Gyár kísérleti készletek gyártásával, a Minisztérium az iskoláknak ezen taneszközökkel való felszerelésével járult hozzá a fejlesztéshez.

1978-ban készültek el az általános iskolai, gimnáziumi és a szakközépiskolai új tantervek. Megvalósításukhoz nagy segítséget nyújtott az Iskolatelevízió. 25-30 perces filmeket készített egy-egy anyagrészhez, a filmeket délelőtt és délután is rendszeresen sugározta. A Televideónál ma is kaphatók részletek a filmekből. A Magyar Televízió archív anyagaiban látható sok, ritkán látható kísérlet, az érdekes jelenségek miatt ezeket a filmeket ma is érdemes a fizikatanításban használni!

A filmekben szereplő tanárok közül ki kell emelni Sas Elemér (1930-0998) t és Halász Tibort. Sas Elemér az Eötvös Loránd Tudományegyetem Általános Fizika Tanszékének volt a docense. Mint a szakmódszertani csoport vezetője, a demonstrációs kísérleteket kiemelten fontosnak tartotta. Sok kísérletet tervezett és mutatot be hallgatóinak, valamint a nagyközönségnek. Az ELTE Oktatástechnikai Csoportjával közösen három videó tekercs válogatást készített kedves kísérleteiből. Több ismeretterjesztő adást készített a televízióban is, igazából méltó örököse Öveges Józsefnek. Halász Tibor a Juhász Gyula Tanárképző Főiskola tanára, akinek tankönyvírói munkássága is jelentős. A filmek szakértője és a kísérletek összeállítója jelen írás szerzője volt. 36 film készült:

A *hatodikos* anyaghoz készült filmek címei

1. Bevezetés a fizikába
2. A testek kölcsönhatása
3. Az elektromos mező
4. A gravitációs tér
5. Az erő
6. A tömeg
7. Az űrhajózás és a súlytalanság
8. Az energia és a munka
9. Az energia-megmaradás
10. Az anyag belső szerkezete
11. A belső energia
12. Hőtágulás
13. Halmazállapotok és halmazállapot-változások
14. Összefoglalás

A *hetedik* osztályos anyaghoz tartozó filmek:

1. Az elektromos töltés
2. Az elektromos áram
3. Galvánelemek
4. Áramkörök
5. Nyomás
6. A légnyomás
7. A testek úszása

8. Az egyszerű gépek
9. Hőerőgépek
10. Összefoglalás

A *nyolcadik* osztályos filmek:

1. A dinamika alapjai
2. Súrlódás, közegellenállás
3. Rezgések, hullámok, hangok
4. Az elektromos áram hőhatása
5. Az elektromos áram mágneses hatása
6. Az elektromágneses indukció
7. Elektromos energiaátvitel
8. Az elektromágneses hullámok
9. Hang és kép továbbítása és rögzítése (színes)
10. A rádió és a televízió működési elve (színes)
11. A csillagászat története
12. A csillagászat ma (színes)

Az új tananyaghoz két sorozat fizikatankönyv jelent meg. Az egyik sorozat szerkesztője a fent említett Halász Tibor. Kollégáival és a gyakorlóiskola tanáraival közösen készítették és azóta is készítik a Mozaik Oktatási Stúdió gondozásában az újabb és újabb könyveiket.

A másik sorozat szerkesztője Csákány Antalné, az ELTE Tanárképző Főiskolai Kar Fizika Tanszékének volt a módszertanosa, aki Károlyházy Frigyessel, az ELTE Természettudományi Kar Elméleti Fizika Tanszékének egyetemi tanárával, és néhány fizika tanárral dolgozott együtt.

Ezek a tankönyvek nagy mértékben különböznek az előzőktől. Sok bennük a kísérlet, ezek többsége egyénileg, vagy kis csoportokban a tanulók által végezhető. A fejezetekben kidolgozott feladatok fordulnak elő. A fejezetek végén kérdések és feladatok szerepelnek. A könyvek munkatankönyveknek készültek, így a tanulók a könyvben dolgozhattak, megoldhatták a feladatokat, válaszolhattak a kérdésekre. A 90-es évek végére megújultak, szebb lett a kivitelük és megszűnt a munkatankönyv jellegük.

A 2001-2002. tanévtől bevezetett kerettanterv csökkenti a fizika óraszámát. A hatodik osztályban természetismeret van heti 2 órában. A tantárgynak csak kis része a fizika. A hetedik osztályban heti 2 óra, a nyolcadik osztályban azonban csak heti 1,5 óra a minimálisan kötelező óraszám.

Feladatok

1. Keresse meg a Ratio Educationisban a fizikával és a természettudományokkal kapcsolatos részeket és készítsen rövid ismertetőt róluk!
2. Tanulmányozzon különböző népiskolai tanterveket és keresse meg a természettudományokkal és a fizikával kapcsolatos részeket! Készítsen listát arról, hogy mely elemek azok, amelyeket saját tanítási gyakorlatába is szívesen beépítene!
3. Nézzen meg a fejezetben említett régi tankönyvek közül néhányat. Keressen ezekben olyan kifejezéseket, meggondolásokat, amelyeket napjainkban is abban a formában tanítunk és olyanokat, amelyek szemléletmódja sokat változott!
4. Hasonlítsa össze Simonyi Károly: A fizika kultúrtörténete, című könyve alapján Galilei és Newton munkásságát!

5. Tanulmányozza a középkori egyetemek működését a Simonyi könyv alapján!

Felhasznált irodalom:

Ádány András (1755): *Természetfilozófia.* Nagyszombat.

Balogh László (1996): *100 éves a Magyar iskola*. Korona Kiadó Kft. Budapest.

Barczafalvi Szabó Dávid (1792): *A tudományok magyarul.* Pozsony.

Bayer István-Makai Lajos (1959): *A fizika tanítása I. és II.* Felsőoktatási Jegyzetellátó Vállalat, Budapest.

Bor Pál – Bodó Zalán (1954): *Fizika. Általános gimn. lV. osztály.* Tankönyvkiadó, Budapest.

Comenius (1992): *Didactica Magna.* Halász és fiai kiadása, Pécs.

Czógler Alajos (1882): *Fizikatörténet életrajzokban I. és II.* Természettudományi Könyvkiadó, Budapest.

Csada Imre – Csekő Árpád – Jeges Károly – Öveges József (1950): *Fizikai kísérletek és eszközök.* Tankönyvkiadó, Budapest.

Csákány Antalné – Károlyházy Frigyes (1982): *Fizika 6. Munkatankönyv az általános iskola 6. osztálya számára.* Tankönyvkiadó, Budapest.

Csákány Antalné – Károlyházy Frigyes (1988): *Fizika 7. Munkatankönyv az általános iskola 6. osztálya számára.* Tankönyvkiadó, Budapest.

Csákány Antalné – Károlyházy Frigyes (1989): *Fizika 8. Munkatankönyv az általános iskola 6. osztálya számára.* Tankönyvkiadó, Budapest.

Cseh Géza – Honyek Gyula – Moór Ágnes – Rácz Mihály – Tasnádi Péterné – Tomcsányi Péter -Varga Antal – Zsigri Ferenc, Főszerkesztő: Kovács István (1989): *Fizika és számítástechnika I.,II.,III.* Novotrade Kiadó, Budapest.

Gamow, George (1965): *A fizika története*. Gondolat Könyvkiadó, Budapest.

Habenicht Viktória (1998): A fizika oktatása hazánkban a XVIII. Században. (szakdolgozat) Budapest.

Halász Tibor és munkaközössége (1978): *Fizika 6. Munkatankönyv az általános iskola 6. osztálya számára.* Tankönyvkiadó, Budapest.

Halász Tibor és munkaközössége (1979): *Fizika 7. Munkatankönyv az általános iskola 6. osztálya számára.* Tankönyvkiadó, Budapest.

Halász Tibor és munkaközössége (1980): *Fizika 8. Munkatankönyv az általános iskola 6. osztálya számára.* Tankönyvkiadó, Budapest.

Hatvani István (1761): *Principia Philosophiae Solidioris*. Debrecen.

Holics László – Párkányi László (1968): *Fizika a tagozatos gimnáziumi osztályok számára I.-II.-III.-IV.* Tankönyvkiadó, Budapest.

Horváth Márton (1988): *A magyar nevelés története I. és II.* Tankönyvkiadó, Budapest.

Jaszlinszky András (1756): *Fizikai tanítások.* Első és második rész, Nagyszombat.

Jedlik Ányos (1850): *Természettan elemei.* Pest.

Makó Pál (1763): A természetiekről Newton tanítványainak nyomdoka szerint. Nagyszombat.

Mészáros István (1990): *Iskola Szent Márton hegyén.* Primo Print Rt, Eger.

Mikola Sándor (1926): *Fizika a gimnáziumok és leánygimnáziumok számára.* Egyetemi Nyomda, Budapest.

Musschenbroek, P. (1743): *Physicae*. Hollandia.

M. Zemplén Jolán (1964): A magyarországi fizika története a XVIII. században I. és II. Akadémia Kiadó, Budapest.

M. Zemplén Jolán (1998): *A felvidéki fizika története.* Magyar Tudománytörténeti Intézet, Piliscsaba.

Öveges József (1941): Fizika a gimnáziumok és leánygimnáziumok Vll. osztálya számára.

Szent-István-Társulat, Budapest.
Öveges József (1945): Fizika a gimnáziumok és leánygimnáziumok VIl. osztálya számára. Szent-István-Társulat, Budapest.
Öveges József (1946): *Kis fizika az általános iskolások számára.* Tankönyvkiadó, Budapest.
Öveges József (1952): *Élő fizika.* Tankönyvkiadó, Budapest.
Öveges József (1953): *Játékos fizikai kísérletek.* Tankönyvkiadó, Budapest.
Öveges József (1953): *Kis fizika I.* Tankönyvkiadó, Budapest.
Öveges József (1954): *Kis fizika II.* Tankönyvkiadó, Budapest.
Pestalozzi, J.H. (1959): *Hogyan tanítja Gertrud gyermekeit?* Pestalozzi Válogatott művei I.II. Tankönyvkiadó, Budapest.
Poór István (1971): Demonstrációs kísérletek a fizikaoktatásban. (Doktori disszertáció) Budapest.
Pósaházi János (1667): *Philosophia Naturalis.* Sárospatak.
Reviczky Antal (1758): *Elementa Philosophiae.* Tyrnaviae.
Roiti, Antonio (1895): *A fizika elemei.* (fordította: Czógler Alajos). Természettudományi Társulat, Budapest.
Simonyi Károly (1978, 1998): *A fizika kultúrtörténete*. Akadémia Kiadó, Budapest.
Szabó Árpád (1997): *A fizika tanítása.* Bessenyei György Könyvkiadó Nyíregyháza.
Veidner János (1976): *A fizika tanítása.* Tankönyvkiadó, Budapest.
Vermes Miklós (1987): *Fizika a gimnáziumok részére I.-II.-III.-IV.* Tankönyvkiadó, Budapest.
Wirth Lajos (1997): *Makó Pál élete és életműve.* Jászberényi Tanítóképző Főiskola, Jászberény.
Zátonyi Sándor (1990): *A fizika tanítása és tanulása az általános iskolában.* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.

3. KÜLÖNBÖZŐ TUDOMÁNYTERÜLETEK KAPCSOLATAI A FIZIKÁVAL

RADNÓTI KATALIN

A fizika mint iskolai tantárgy számos egyéb feladata mellett megteremti a többi természettudományos tantárgy számára szükséges alapfogalmakat. Leírja a testek mozgását, az ok-okozati viszonyokra irányítja a figyelmet, amelynek legtisztább megfogalmazását meg is adja a mozgásegyenlet formájában (ha nem is mondja így ki minden tankönyv). Megmaradási törvényeket állít fel, mint a lendület, az energia, a perdület megmaradása. Értelmezi az elektromos- és a hővezetést, tanítja a hőtan főtételeit, a hullámtant, fénytant és már a modern fizika elemei is egyre gyakrabban megjelennek a tananyagban. A felsoroltak a fizika klasszikus területei, de vajon mivel foglalkozik ma a fizika, illetve mivel foglalkoznak napjainkban a fizikusok?

A legújabb tudományos eredményekről magyar nyelven tudósító, a tanárok által is jól ismert szaklap, a "Fizikai Szemle", utóbbi években megjelent írásait áttanulmányozva megállapítható, hogy azoknak több mint 20 %-a interdiszciplináris és ezen belül is kiemelkedő részarányt alkotnak a környezetvédelemmel kapcsolatosak. A hagyományos értelemben vett fizikai témákon kívül nagyon sokan foglalkoznak a biológia különböző területeivel, mint az idegrendszer tanulmányozása, radioaktív vizsgálati módszerek stb. a kémia területével, mint például makromolekulák szerkezete, geológiával, demográfiai problémákkal és az egész emberiséget érintő globális kérdésekkel, mint az üvegházhatás, ózonlyuk, savas eső. A kiírt doktori (PhD) kutatási témák jelentős része is interdiszciplináris, nagy százalékban környezeti jellegű.

Napjaink fizikai kutatásait a sokrétűség jellemzi. A mikrofizikában az elemi kölcsönhatások egységes elméletének létrehozására törekednek, az ezzel szorosan összefüggő makrofizikában pedig az Univerzum kialakulásának és fejlődésének jobb megértése a cél. A komplex rendszerek fizikájának fő kérdése a nemlineáris jelenségek megértése. Valószínűleg ez jelentheti a kulcsot az élő anyag megismeréséhez is. De megemlíthető a fullerének, a szupravezetők kutatása is. E néhány példa is demonstrálja, hogy napjainkban nem igen lehet a fizika befejezettségéről beszélni. Ennek pedig meg kell jelennie a fizikáról alkotott képben is, melyet a diákok felé közvetítünk, bár nyilván nem az első évek tananyagában.

A fizika modelljei elvileg leírják az emberiség által eddig megismert világ rendszereinek fizikai “mozgásait” (általánosan értve a szót). Elvileg nincs akadálya annak, hogy bármilyen, élő-élettelen, természeti-társadalmi jelenség megértésében szerepet játszon a fizika. Az e tudomány által kidolgozott kutatási módszerek, a speciális eszközök, a műszerek számos fizikán kívüli alklamazásban kaphatnak szerepet. Sőt, még a társadalomtudományi kutatások során is számos ponton segíthet a fizika, ilyen pl. a

régészetben a radioaktív kormeghatározás, de vannak alkalmazások a művészettörténetben, sőt a közgazdaságtudományban is.

A tudományos ismeretek – kis elvonatkoztatással- exponenciális ütemben gyarapodnak, s a legdinamikusabb a fejlődés a klasszikus diszciplinák határterületein. Az oktatás is egyre rövidebb idő alatt kell, hogy megjelenítse az új eredményeket a tantervekben. Szinte biztosak lehetünk benne, hogy a 21. század életét alapvetően meghatározó tudományos felfedezések 2000-ben még meg sem születtek (Marx 1992)

Pedagógiai oldalról közelítve a problémát, a vizsgálatok szerint az ember gondolkodási folyamatait tanulmányozva megállapították, hogy az emberi agy számára nehéz a transzfer, vagyis az egyik tudásterületen szerzett, általánosítható ismeret átvitele a másik tudásterületre. Pl. ha egy algoritmust "megtanítanak" egy számítógépnek, akkor azt egyformán jól használja a legkülönbözőbb problémák megoldása során. Nem így az ember. Gyakran tapasztalható, hogy a matematikából tanult összefüggéseket az adott órán jól alkalmazzák a diákok, ellenben ugyanaz fizika órán már nehézséget jelent.

Az életben felmerülő problémák megoldásához szükséges a transzfer. Nem tudunk diákjaink számára minden elképzelhető probléma megoldásához kész receptet adni, viszont célszerű, ha a logikailag összetartozó dolgokat egyszerre tanítjuk, bemutatva a bennük rejlő közös, vagy az őket összakapcsoló tartalmakat. Vagyis szükség van a természettudományos tantárgyak összehangolására. Kitekintést kell nyújtanunk a kémia, a biológia és a földrajz számára, segítséget kell nyújtanunk megalapozásukhoz, illetve utalnunk kell a széleskörű társadalmi vonatkozásokra is. Marx György e kötelezettséget a kövekezőképp fogalmazta meg:

> A természettudományok különböző pontokról indultak el, különböző jelenségkörök törvényeit kezdték kutatni. Évszázadok folyamán a matematikus, csillagász, fizikus, kémikus, biológus, pszichológus más-más mélységekig hatolt be, mindegyikük egy-egy független, önmagában is csodálatos világot tárt fel. Éppen a mi nemzedékünk osztályrésze, hogy szemtanúja lehet a részletek egymásba kapcsolódásának. A képek összeillenek. Egysége által még lenyűgözőbben bontakozik ki előttünk az a színjáték, amelynek mi nézői és egyúttal szereplői is vagyunk. (Marx 1969. 130. oldal)

3.1. Hazai előzmények

3.1.1. A régi magyar fizika tankönyvi irodalom vázlatos áttekintése a különböző tudományterületekkel való kapcsolat szempontjából

A 18. század Magyarországán, a többi európai államhoz hasonlóan, alakulnak olyan akadémiák, ahol a mérnöki tudományok elemeit kezdik oktatni a természettudományos alapok felhasználásával, tankönyvek segítségével. A tankönyvek címében gyakran szerepel a "Philosophiae naturalis", jelezvén, hogy a természettudományok a filozófia részét képezik. E cím alá nem csak fizikai, hanem mai értelemben vett biológiai, kémiai, ásványtani és

természetföldrajzi ismeretek is szervesen tartoznak. A matematikai apparátus használata nem jellemző még ebben az időszakban.

Az 1777-es évben jelenik meg *Molnár János* tollából az a magyar nyelvű fizikakönyv, amely teljes mértékben Newton szellemében készült. Címe: A természetiekről Newton tanítványainak nyomdoka szerint hat könyv. Az egész munka főcíme: A fizikának eleji. Célkitűzése a népszerűsítés. A fizika rész után a leggyakoribb természeti jelenségek magyarázata következik egyszerű formában. Az egyes fejezetek végén a szerzö kérdéseket tesz fel, amelyekre a válaszokat is rögtön megadja. Képletek, összefüggések alig vannak benne, az igényesebb magyarázatok viszont a lábjegyzetben találhatók. Az ábralapok a 3. és a 6. könyv végén vannak. Komplex könyv, korának a legfontosabb természettel kapcsolatos ismereteit tartalmazza.

1808-ban jelenik meg *Varga Márton* "A gyönyörű természet tudománya" című könyve. A három kötet közül az első címlapján illusztráció van a kor szokásainak megfelelően, amelyen többek közt látható egy Földgömb, a Naprendszer modellje, szivárvány, iránytű stb. Könyvei a természettudományok széles körét ölelik fel, vagyis komplexnek nevezhetők, legrészletesebben bennük a fizika szerepel. Együtt van szinte minden, ami a 18. században a fizikát alkotta. Megtalálható az első két kötetben a természet három országa (élettelen természet, álattan, növénytan), mint a legrégibb fizikakönyvekben általában, de az akkori idők legmodernebb kémiai ismeretei is helyet kapnak. A harmadik könyv a csillagászatot és a Földet tárgyalja. A címlapján lévő metszeten két gyermek és egy földgömb és azon egy naptár látható.

Érdekes *Tomcsányi Ádám* 1809-ben, Budán megjelent "Értekezés a galván-elektromosság jelenségeinek elméletéről" című latin nyelvű tankönyve. A Volta-oszlopot 1801-ben fedezik fel, vagyis mindössze 8 évvel később már főiskolai tankönyvben szerepel. Teljesen komplexen dolgozza fel az akkor ismert elektromos jelenségek témakörét. A 355 oldalas könyv négy fő fejezetből áll, amelyek alfejezeteket tartalmaznak. Mondanivalóját 335 pontba szedi. A két ábralap a könyv végén található, a tartalomjegyzék viszont az elején. Tudománytörténeti érdekességén kívül azért is fontos ennek a könyvnek a tárgyalásmódja, mivel a felvázolni kívánt jelenséget teljes egészében megragadja, minden abban a korban megismert oldalát, aspektusát bemutatja. Vagyis komplexen közelíti meg a problémát.

A könyv tartalomjegyzéke:

A GALVANIZMUS EGYSZERÜ VEZETÖKBEN.
A galvanizmus kezdeteitől, majd az elektromosság mesterséges és természetes erejéről az izmokban.
Az izmok mozgásáról, amelyek kizárólag a gerjesztők útján keletkeznek.
A galvanizmus hatásáról az érzékszervekben.
A galvanizmus hatásáról egyszerű vezetőkben.
AZ ELEKTROMOTOR FIZIKAI TULAJDONSÁGAIRÓL.
A Volta-oszlop készítéséről.
A Volta-oszlop hármas szerkezetéről, majd abba különböző elektromosságú rétegeket függesztünk.
A különböző erősségű Volta-oszlopról.
A vonzó erőkről és a szikrákról az oszlopokban.
Az elektromos halakról.
A csak egy szilárd testből és két folyadékból készített elektromotor.
AZ ELEKTROMOTOR KÉMIAI TULAJDONSÁGAIRÓL.
A víznek alapelveire (alkotó részeire) bomlásáról, majd az oxidációról és a fémek redukciójáról, mint általában elektromosság által.
A galván és a közönséges elektromosság hatásáról képzésénél és felbontásánál és a fémoxidok redukálásánál.
Az oxigén gáz előállításáról elektromotorral és elektromos gépekkel és az oxigén elnyeléséről.
IV. A GALVÁNELEKTROMOSSÁG JELENSÉGEI A SZERVES TESTEKBEN.

A galvanizmus erejéről.
A különböző hatásról, amellyel az elektromotor ellentétes pólusai az érzőidegekre kifejtenek.
A változásról, amelyeket a galvánelektromosság az állati testben és a növényekben maga után hagy.
A galvánelektromosság egységéről a közönségessel és annak természetéről.

1844-ben Pesten jelenik meg *Schirkhuber Móricz*: Az elméleti és tapasztalati Természettan alaprajza, című két kötetes könyve. Az első témája "A súlyos anyagokrul", amely a kémiát tárgyalja és fizikából a mechanika, anyagi pont, merev test, folyadékok, gázok és a hangtan elemei találhatók benne. A második kötet témája "A sulytalanokrúl, és a nagyban mutatkozó tüneményekről", amely az optika, hőtan, az időjárás elemei, az elektromosságtan, a Föld szerkezeteés a csillagászat elemeit jelenti.

Jedlik Ányos könyve 1850-ben jelenik meg Pesten gimnazisták részére. Címe: Természettan elemei, kiemelve a címlapon, hogy "szöveg közé nyomatott 384 fametszettel". Ez azért érdekes, mivel a korábban kinyomtatott könyvek esetében az ábrák külön ábralapokon szerepeltek, némileg összezsúfolva a könyvek végén. Tartalmát tekintve a kor színvonalának megfelelő kémiai és fizikai ismeretanyagot tartalmazza. Vegyjeleket használ, de az elemek nevei nem azonosak a napjainkban használatos elnevezésekkel, a fizika részben összefüggéseket nem, arányosságokat azonban találunk.

Tanulságos néhány sort szentelni az 1868-ban kiadott elemi népiskolák részére készített fizika tantervnek. Ez nem törekedett tudományos igényű ismeretek adására, sem különösebb rendszerességre. A természeti jelenségek minimumát jelöli csak ki, mint megtanulandó ismeretanyagot, azonban minden esetben szem előtt tartva a gyakorlati alkalmazásokat. Szerepel a tantervben az emelő, a csiga, a lejtő, a csavar, a vízvezeték, a légnyomásmérő, a szivattyú, a szél, a gőz, a harmat, a köd, a felhő, az eső, a jégeső, a hó, az iránytű, a villamosság és a távírda. A feldolgozás módja is egészen modernnek tekinthető, mivel előírja azt, hogy a tanító kísérleteket mutasson be, és a tanulókkal találtassa ki a természeti törvényeket. Lényeges rendelkezése a tantervnek, hogy a tanítást minden esetben a közéletre kell alkalmazni: gazdasági, házi célokra és a nép körében élő babonák kiirtására. (*Garami* 1963)

1870-ben jelenik meg *Abt Antal*: Természettan című könyvének negyedik javított kiadása gimnáziumok részére, amely fizikai és kémiai ismereteket tartalmaz, 234 fametszettel a szöveg megfelelő helyein.

A könyv tartalma a következő:

BEVEZETÉS
I.Szakasz. A testek általános tulajdonságai
II.Szakasz. A tömecserők hatásáról
III.Szakasz. Vegytani tünemények
- Fémek
- Nehéz fémek
- Nemes fémek
- Szerves vegyek

IV.Szakasz. A hőről
V.Szakasz.
- a./ A szilárd testek egyensúlya
- Erőművek vagy gépek
- b./ A szilárd testek mozgása

VI.Szakasz. A cseppfolyós testek egyensúlya
VII.Szakasz. A terjengős testek egyensúlya
VIII.Szakasz. Delejesség
IX.Szakasz. Villamosság
- Érintési villamosság

X.Szakasz. Hangtan
XI.Szakasz. Fénytan

1882-ben jelenik meg *Heller Ágost*: Physikai földrajz a gimnázium 3. osztálya számára című könyvének második kiadása, amely számos fametszetű ábrát tartalmaz, címlapján a Szaturnusz bolygóval. Érdekessége a könyvnek, hogy a fizikai ismeretek nem a kémiával, hanem a földrajzzal együtt szerepelnek.

BEVEZETÉS
I.RÉSZ
Physikai jelenségek
Első fejezet. A hamazállapotokról
Második fejezet. A nehézségről
Harmadik fejezet. A szabad esésről
Negyedik fejezet. A vízről
Ötödik fejezet. A levegőről
Hatodik fejezet. A melegségről
Hetedik fejezet. A világosságról
Nyolcadik fejezet. Az égi háborúról
Kilencedik fejezet. A mágnességről
II. RÉSZ
Physikai földrajz
Első fejezet. A Föld alakja és nagysága
Második fejezet. A Föld mozgása
Harmadik fejezet. A Föld felülete
Negyedik fejezet. A légkör
Ötödik fejezet. A világrendszer
Visszapillantás
Összefoglalás

Figyelemreméltó az 1881-ben *Antolik Károly* Aradon megjelent tankönyve, melynek címe: A Természettan és a Természettani földrajz elemei. Ebben az első fejezetek mai besorolásunk szerint kémiai jellegűek, majd a fizikai alapok, és ezt követően a földrajzi vonatkozások következnek. A tankönyv három mai értelemben vett tantárgy ismeretanyagát (kémia, fizika, természeti földrajz) tartalmazza!

Bevezetés és a nehézség általános ténye
A testek vonzó ereje saját anyaguk részecskéi között (halmazállapotok, tapadás)
A vegyítés fogalma
A szilárd testek egyensúlya és a súlypont
Az erőkről
A gépek
A testek mozgása
A csepegős testek
A légnemek és a légkör
A hő és a légköri csapadékok
A légrezgés és a hang
A fény viszaverődése, tükrözés, törés
A delejesség
A dörzs- és a légköri villanyosság
A Galvan-villamfolyamok
A Föld alakja és nagysága
A Föld felületének beosztása és a projectiók. A Földségek, a tengerek jellemzése és a víz körútja
A 4 évszak, az éghajlatok, A klima. A Föld, mint bolygó és a Naprendszer
Az időszámítás
A Nap, mint álló csillag. A bolygók, holdak, és az üstökösök
Az álló csillagok

Hasonló jellegűek az 1896-ban, majd később 1900-ban megjelenő "Fizika és fizikai földrajz" című tankönyvek, melyek a középiskolák 3. osztályai számára íródtak. A fizikai jelenségek, törvényszerűségek tárgyalása után mindkét könyvben az azokkal kapcsolatos földrajzi vonatkozások szerepelnek. Pl. az elektrosztatikai jelenségek ismertetését, a szokásos kísérleti leírásokat a villámlásról szóló rész követi. A halmazállapotok tárgyalása után a csapadék keletkezése következik, és még lehetne sorolni a példákat.

A népiskolai oktatás számára 1905-ben adnak ki tantervet, majd 1913-ban készítik el az ahhoz kapcsolódó fővárosi tantervet. Lényeges újdonságok az előző, 1868-as tantervhez képest a következők: Meg kell ismertetni a tanulókat a természet legfontosabb tárgyaival s ezek hasznos vagy káros tulajdonságaival, hogy megismerhessék így a mindennapi életben előforduló fontosabb természeti jelenségeket és természeti erőket, s megkedveljék a természetet. Szem előtt kell tartani azt, hogy a babonákat, az állatkínzást és a növénypusztítást “kiirtsák” (a könyv szóhasználata). Ez a megjegyzés akár már a környezetvédelmi gondolkodás elődjének is tekinthető. A tananyagot már rendszerezettebben kívánják feldolgoztatni. Megjelennek viszont a tantervi anyagban különböző balesetvédelmi, balesetmegelőzési vonatkozások, mint a természetes úszás (fürdési szabályok, elsősegélynyújtás a vízben), elsősegélynyújtás napszúrás és megfagyás esetében, a korcsolyázásra vonatkozó egészségügyi szabályok, síkos járdák felhintése stb. (Garami 1963)

Az iskolai órakeretet jó száz esztendeje bontották szét a specializáció jegyében tantárgyakra. Az európai országokban a 40-es évek második feléig a fizikát, mint önálló tantárgyat csak a gimnáziumokban (líceumokban) oktatták.

3.1.2. Németh László kísérlete

Németh László közvetlenül a II. Világháború után Hódmezővásárhelyen tanított meglehetősen különböző tantárgyakat, magyart, történelmet, egészségtant, vegytant, biológiát, matematikát. A tanítás közben kialakult az íróban egy elképzelés arról az alapműveltségről, amit egy művelt embernek véleménye szerint birtokolni kell, s amit az érettségiző diáktól számon kellene kérni. Arról is elgondolkodott eközben, hogy ezt hogyan, milyen módon kellene tanítani. Az író széleskörű műveltsége lehetővé tette számára azt, hogy a világot egységben lássa, felismerje az egy-egy történelmi korszakra jellemző mozgató erőket, a tudomány, a technika, a filozófia és a művészetek hatását. Elképzeléseit "A tanügy rendezése" című írásában tette közzé 1945-ben. Az ismereteket ebben négy nagy csoportba sorolta be, mondhatnánk mai szóhasználattal, hogy négy tantárgyat alkotott. Ezek a következők voltak: matematika-fizika-vegytan, biológia, történet és a nyelv. (Németh 1980/1945)

A tantárgyösszevonás gondolatát több tényező inspirálta. Az egyik az az időveszteség, amit ugyanannak az ismeretnek több helyen való tanítása okoz. A másik inspiráló tényezőt a tanítás során szerzett személyes tapasztalatok jelentették Németh László számára. Pedagógiai írásaiban elmondja ezzel kapcsolatos élményeit. Mint iskolaorvosra rábízták az egészségtan tanítását. Az akkori tanterv szerint ez heti két óra volt a 6. osztályban. A tanítás során azonban kiderült, hogy biológiát kémia (illetve akkor még vegytan) nélkül nem lehet tanítani. Ez a tantárgy szintén ugyanabban az évben szerepelt a tanrendben. Ezt a problémát úgy sikerült megoldani, hogy az egészségtan órák elején vegytani bevezető volt. A

következő évben pedig kérte, hogy a vegytan tanítását is elláthassa. Ekkor létrehozott egy heti ötórás tantárgyat. Az első félévben a vegytan szerepelt, a másodikban pedig a biológia és a kórtan különböző ágai és az ezekből levezethető egészségtan. A vegytan tanítása sok fizikai ismeretet feltételezett, azonban a szükséges ismeretek csak a hetedik és nyolcadik osztályban kerültek elő. Később tehát még egy fizikai bevezető is került a vegytan elé, a matematikai apparátus mellőzésével. Vagyis létrejött egy komplex természetismereti tantárgy. (Németh L. 1985; Németh J. 1985)

Németh László négy könyvbe foglaltan gondolta leírni az ismereteket. A négy könyv a következő lett volna - Történelem, Természetismeret, Matematika, Nyelvek - , azonban ezeket sohasem írta meg. A legtöbb a Természetismeretből készült el. Akkori meglátása az volt, hogy a természettudomány tanítása, tanulása történeti úton tűnik a legésszerűbbnek, azonban nem a valóságos, hanem egy úgynevezett "tancélra" idealizált történeti szálat gondolt vezérfonalként. Az egyes tudományágak anyagát ott vonta össze, ahol módszerük, tárgykörük kibontakozik. A tanítás fő feladatának a rendszerezést tartotta.

A természettudományos tantárgyak tanításához a következő módszertani alapvetéseket ajánlotta:

1. Tanítsuk a természettudományokat történelmi perspektívában! Elképzelése szerint mind a fizika, mind a vegytan (kémia), mind az élettan (biológia) történelmi szemléletmódban tanítható. Így a tanuló nemcsak a végeredményt látja, hanem azt is, hogy mennyi kérdés és nagyszerű válasz vetődik egymásra, míg ezek az eredmények megszületnek.
2. Tanítsuk az egyes természettudományos tantárgyakat az egész természetmagyarázat részeként! Az egyes tantárgyak közt világos összefüggés van. Az alap a fizika, erre épül a kémia és a biológia.
3. Tanításunk legyen gyakorlati. Magyarázzuk meg azt a technikai hasznot, amit az egyes felfedezések az emberiségnek jelentettek. Másrészt fejlesszünk ki a tanulókban bizonyos technikai készségeket. A tanulók saját maguk is végezzenek kísérleteket, ne csak nézzék azokat!

Németh László elgondolásai és gyakorlata lényegesen nem befolyásolták a magyar oktatás fejlődését, azonban az integrációra vonatkozó gondolatai és tervei sok szempontból még ma is korszerűnek tekinthetők, akár napjaink fejlesztési folyamatai során is figyelembe vehetők.

3.1.3. A 70-es évek kísérletei és megvalósulásuk a 80-as években

A gyorsuló tudományos fejlődés az egész általános emberi fejlődésre jelentős hatással van. Az egyes tudományágak tudásrendszerének bővülése és egyre mélyebb feltárása a tudományok rendszerének további differenciálódását váltja ki. A természettudományos kutatások közös alapját az atomfizikai, kvantummechanikai, magfizikai és elemirész-fizikai eredmények szolgáltatják. A természettudományok integrálódási folyamata a következőkben nyilvánul meg:

1. A közös alap feltárása (az atomok szerkezete).

2. A közös kutatási területek feltárása, kutatása(pl. a biológiailag aktív molekulák kémiai szerkezetének, kollektív elektronállapotai biológiai fontosságának vizsgálata, energiatermelő folyamatok kutatása stb.).
3. Közös kutatási módszerek és gondolkodási formák kialakítása (pl. modellezés, matematikai formalizmus használata).
4. A határterületek új tudományágainak fejlesztése (pl. geofizika, biofizika, fizikai-kémia).
5. Egységes természettudományos világkép kialakítása az alapvető összefüggések és törvények feltárásával (*Salamon* 1979).

A tantervi tervezés terén nemzetközi méretekben széles körű integrációs törekvések jelentek meg a hetvenes években. Általában a következő fogalmak, megismerési módszerek találhatók meg a készülő tantervekben: az anyag szerkezete, szabályozás, energia, kölcsönhatás, megmaradás, modellezés (amely azonban inkább magyar jellegzetesség) alapelvként való használata.

A világkép kialakítása a végső cél, vagyis nem a meglévő tantárgyak, tudományterületek logikai szerkezete az érdekes, hanem a külvilág belső modelljét akarjuk felépíteni a gyerekben a tanítás során. Ezt úgy érhetjük el, hogy a világkép totalitását reprezentáló ismeretek, struktúrák, szerves rendszerét részrendszerekre bontjuk fel, lehetőleg komplex tantárgyakat alkotva. Ezt vallotta *Gáspár László*, Szentlőrinci iskolakísérletében integrált tantárgyakat alkotott(Gáspár 1981). A természettudományok (fizika, kémia, biológia és földrajz) két tantárgy keretében, integrált módon kaptak helyet.

A fent említett gondolatok még az 1972-es oktatáspolitikai párthatározat elemeként is megjelentek a következő megfogalmazásban:

"Keresni kell a jelenlegi tantárgyi szétaprózottság felszámolásának útjait, a több tudományág keretébe tartozó és jelenleg különböző tantárgyakban oktatott ismeretanyag közös tantárgy keretében történő integrált oktatásának lehetőségeit."

Az oktatási kísérletben a gimnáziumokban az anyagszerkezet című tantárgy alapozta meg a többi természettudományos tantárgyat, mely komplex, integrált tantárgy, fizikai és kémiai ismereteket tartalmazott. Ez a tantárgy a gimnázium első évében szerepelt, heti 4 órában. Az e tantárgyhoz készült kísérleti tankönyv végén már megtalálhatók a molekuláris biológia alapelemei is. Módszertani szempontból fontos alapeleme a tantárgynak a modellalkotás, mint tudományos megismerési módszer, melyet megpróbál készség szintre emelni a tanulókban. Az első félévben az anyagot felépítő részecskéket apró rugalmas golyókkal modellezik a tanulók. Kiaknázzák ennek a modellnek minden lehetőségét, majd felismerik korlátait. Olyan jelenségekkel szembesülnek, amikor ez a modell már nem alkalmazható.

A kémia, mint önálló tantárgy csak a második osztályban lépett be, hiszen az általános kémiai ismereteket az anyagszerkezet tantárgy keretében sajátítják el a tanulók. A tananyag a szerves kémia, oktatásának kettős célja van, korszerű kémiai ismeretek nyújtása és a biológia megalapozása. A biológia ezért csak a harmadik osztályban jelenik meg, mint önálló tantárgy.

A fizika szintén különváltan jelent meg a második osztályban a mechanikával, és gyakorlatilag a hagyományos módon építkezett tovább. A harmadik osztály anyaga az elektromosságtan.

A negyedik osztályban ismét megjelent egy részben integrált tantárgy, mely az anyagfejlődést is tartalmazta az ősrobbanástól napjainkig.

1981-ben végül is nem került bevezetésre az integrált tantárgyak egyike sem, de az új fizikatankönyvek ekkor íródott változataiban a fent említett kísérlet tapasztalatainak elég sok eleme felfedezhető. A legtöbb esetben nem a törzsanyaghoz tartozó fejezetekbe ugyan, de bekerültek komplex részek.

3.1.4. A 90-es évek és a jövő évezred oktatási kihívása

A különböző diszciplínák a tudomány valóságos gyakorlatában és a tudománytörténetben kevésbé válnak szét, mint arra az első részben a 18-19. századi tankönyvek elemzésekor is rámutattunk. Az iskolai tantárgyi szerkezetben viszont néhány kivételtől eltekintve sajnos ma is az elkülönülés tendenciája folytatódik tovább. Pedig napjainkban a tudományok differenciálódásának és integrálódásának egyszerre vagyunk tanúi. Ebből a kettős tendenciából az oktatás azonban csak a specializálódást ragadja meg, bár az ismeretek mennyiségének rohamos növekedését már régóta képtelen követni.

A 20.században épp a tudományokat elválasztó fehér foltok lettek aktuálisak, mint pl. a kvantummechanika, amely a fizika és kémia területéhez egyaránt kötődik, vagy a molekuláris genetika, mely kémia és biológia is egyben. Jó példa az űrkutatás, amelyhez fizikai, csillagászati és földrajzi ismeretek is szükségesek, vagy a lemeztektonika, amelynek megértése a fizikai és földrajzi ismereteket is igényeli, a klímaváltozások értelmezéséhez pedig fizikai, meteorológiai, kémiai és földrajzi ismeretek egyaránt szükségesek. A tudományterületek merev szétparcellázása a 19.század "vívmánya" volt, amit a tanárképzési rendszer átörökölt. Pedig például a magfizikában épp a régi alkimisták álma válhat valóra, hogy egy teljesen extrém példát említsünk.

A gyermek számára a valóság egységes, tanulmányai kezdetén nincs, nem létezik számára külön fizikai, kémiai, biológiai, földrajzi világ. A természet egységes egészként jelenik meg. Az analitikus látásmódra csak a tanítás során mi, tanárai vezetjük rá. Ez bizonyos mértékig nem baj, hiszen ténylegesen különböző aspektusai, tárgyalási lehetőségei, fogalomkészletei vannak az egyes tudományterületeknek, amelyek mind a valóság egy-egy elemét ragadják meg. De ha a későbbiek során, 10 éves korától kezdve, csak ez az analitikus tárgyalásmód, a merev tantárgyakra szabdaltság határozza meg a tanulást, az ismeretszerzést, akkor az eredeti egység széttörik. Torz természetkép kialakulásához vezet ez a kizárólagos tárgyalásmód, tehát mindenképpen szükség van a kép újbóli összerakására, az egységes egész bemutatására.

3.2. Nemzetközi kitekintés

Évek óta folynak a kísérletek a világ legkülönbözőbb országaiban arra vonatkozólag, hogy a természettudományokat milyen módon lehet a leghatékonyabban tanítani azok számára, akik a mindennapi élethez szükséges általános ismereteket akarják megszerezni ezekből a tantárgyakból. Ez a réteg - a nem felvételire készülők - megközelítőleg az adott korosztály 80-90%-a. Az a cél, hogy a hozzájuk eljuttatott természettudomány korrekt ismereteket és tényeket tartalmazzon, ugyanakkor legyen érdekes, keltse fel az

érdeklődésüket. Kapcsolódjon a mindennapi élet problémáihoz, de általános alapvetést is nyújtson.

A századforduló idején kibontakozott, *John Dewey* nevével fémjelzett *amerikai reformpedagógia a szakmunkásképzés szükségleteiből eredt*. Az ekkor bevezetett metodikai eljárások rendszerét szokás projektmódszernek is nevezni. Ez olyan oktatásszervezési eljárást jelent, amely az oktatás menetét konkrét gyakorlati problémák megoldása köré csoportosítja. A szakoktatás során, ha a hagyományos tantárgyi struktúrákban gondolkodunk, akkor még több tantárgyat kellene tanítani. Ez nem lehetséges, és így az általános műveltséget nem egy esetben egy torzó helyettesíti, például valamelyik természettudományos tantárgyat, vagy a biológiát, vagy a földrajzot el kell hagyni. Ezen segíthet egy komplex természetismereti tantárgy bevezetése, mintegy alternatív lehetőséget kínálva. (Mészáros 1982)

Dewey és követői az Amerikai Egyesült Államokban számos ilyen újszerű iskolát hoztak létre, amelyeket felszereltek a megfelelő eszközökkel, munkaszobákat, műhelyeket, laboratóriumokat alakítottak ki. Itt kapott először helyet az iskolában a konyha, mint fontos tanulói tevékenységek színtere, amelynek fontosságát néhány iskola napjainkban Magyarországon ismét felfedezte. Ugyancsak újszerű a reformpedagógiai elképzelésekben az iskolákban a könyvtár, a fénykép-, a film- és a diatár kiemelt használata.

A másik jelentős újdonság (ami napjainkban hazánkban ismét előkerült, bár nem ennyire liberális formában), hogy a tantervnek csak a kereteit határozták meg. A kerettantervek átfogó nagy ismeretkörein belül maga a diák választhatta ki azokat a témákat, amelyekkel néhány hétig foglalkozni kívánt. (Ez nálunk valószínűleg a tanár joga marad.) A diák a különböző ismeretkörökből egy-egy témát kiválaszt a maga számára, majd az illetékes tanártól megkapja a témához tartozó feladatcsomagot. Ez tartalmazza mindazokat az ajánlott tevékenységeket, amelyek elvégzésével öntevékenyen fel tudja dolgozni a témát, el tudja sajátítani az e téma keretei közé tartozó ismeretanyagot. A sokféle tevékenységjavaslat közt szerepel olyan pl. hogy mely szakkönyvek mely részleteit tanulmányozza át, milyen kísérleteket végezzen el az iskola műhelyében, laboratóriumában avagy konyhájában; milyen napi feljegyzéseket készítsen folyamatos megfigyeléseiről, méréseiről; milyen rajzokat, grafikonokat, statisztikai táblázatokat készítsen, vagy esetleg milyen maketteket és modelleket építsen meg; milyen filmeket nézzen meg; milyen számításokat végezzen; milyen múzeumokat, kiállításokat keressen fel stb. A választott témával egyedül is foglalkozhat, de lehet csoportosan is. A tanár igénye szerint segíti a munkáját. Amikor elkészült a téma feldolgozásával, akkor beszámol róla.

Megjelennek a tantárgyszerű témák mellett választhatóan az életszerű, komplex témák is. Ezek nem illeszkednek egy-egy ismeretkör, mint fizika, biológia, történelem stb. hagyományos keretei közé. Felismerték, hogy az ember az életében, az iskolán kívül, sehol nem találkozik tantárgyakkal, hanem mindig összetett dolgokkal, jelenségekkel, problémákkal. Ha ezeket tanulmányozni akarjuk, akkor a sokféle tantárgyból származó ismereteket kell egyszerre mozgósítani, ezeket kell egymással összefüggésbe hozni. Ilyen jellegű ismeretszerzésre, a világ dolgainak komplex megismerésére pedig már az iskolában is lehetőséget kell adni a fiataloknak. Ez napjainkban egyre fontosabb lesz. Komplex feldolgozást igénylő téma rendkívül sokféle van, lehet például a kenyér, különböző talajtípusok elemzése, a könyv, közlekedés stb.

Ez az új, cselekedtető módszer újfajta tanári magatartást is igényel. Feladata már nem csak egyszerűen a tanórai magyarázat, hanem a töprengő, gondolkodtató kérdések adása. Ilyenekre a régebbi időkben csak elvétve került sor.

A századforduló pedagógiai forradalma tehát erőteljesen átformálta a szakemberek véleményét. Az új felismerés elsősorban abban állt, hogy a diákokat az életre kell felkészíteni. Ez egyben azt is jelenti, hogy a diáknak az iskolában életszerű keretek közt kell élnie, s nem pedig valamilyen pusztán pedagógiai célzattal megszervezett életidegen környezetben. Napjainkban ezek a felismerések újra előkerülnek.

A társadalmi megközelítésű programok kidolgozásának igénye egyre általánosabbá vált a világ nagy részén az utóbbi évtizedekben. Ennek egyik legfontosabb kiváltó oka a társadalom és a technika kapcsolatának alapvető megváltozásában keresendő. A 20. század 70-es éveiben kezdett el tudatosulni az emberekben az egyre súlyosabbá váló ökológiai válság, a környezetszennyezés globális hatásrendszere. Tehát *az eddigi gyakorlathoz képest más módon felkészült szakemberekre és állampolgárokra van szükség.* A természet és a társadalom kapcsolatrendszerének gyökeres megváltozása új állampolgári magatartásmódot követel meg az átlagembertől. A mereven egyoldalú tudománycentrikus felkészítés helyébe tehát az általános felkészítésnek kell lépnie. Nemzetközi viszonylatban *az integrált programok jelentős arányt képviselnek a fejlesztés alatt álló tantervek közül.* A természettudományos nevelés legújabb tendenciája a 80-as években bontakozott ki. Egyfajta *humanisztikus orientáció* jelenik meg a természettudományos nevelésben, mely magára vállalja az embernek a társadalommal és a természettel szembeni felelős magatartásának kialakítását is. (Nahalka 1992, 1993)

Az alapelvek legfontosabbjai közé tartoznak a természet egységes egészként való szemlélése, a változás és alkalmazkodás stratégiájának kialakítása, a személyes és társadalmi szükségletek felismerése és azok összhangba hozása, a természettudományos megismerési módszer, a modellalkotás gyakorlása példák sorozatán keresztül. Megértetni azt, hogy a tudomány társadalmi felhasználása hasznos, de káros következményekhez is vezethet, kialakítani azt a tudatot, hogy a Föld erőforrásai végesek, elfogadtatni, hogy egy döntési folyamatban minden kényszert számításba kell venni, és hogy ebben az etikai megfontolásoknak is szerepe kell legyen.

Az új szemléletű természettudományos oktatásban, mely a leendő állampolgárnak, és nem a természettudományos vonalon továbbtanuló diáknak szól - és ők vannak többségben - az élete során felmerülő döntéshelyzetek mérlegeléséhez a társadalmi összefüggéseiben értelmezett tudomány, az alkalmazási lehetőségek széles köre, a helyi érdekeltségek bemutatása a fő cél. A tanulók tanulásának tervezése során a tapasztalatszerzésnek, a kutató eljárások gyakorlásának, amely önálló kísérletezést, irodalmazást, de társadalmi tevékenységet, gondolkodásmódot is jelent egyben, lényeges szerepe kell legyen. Kapcsolat építhető ki az informatika területével is. A 21. század embere a különböző tervezési folyamatok során várhatóan természetes módon nyúl majd az informatikai eszközrendszerhez.

Az ilyen típusú oktatásban, amely a tudományok fejlődésére, változására épül, egyre fontosabbá válnak az olyan elemi eljárások, mint a megfigyelés, mérés, kísérlet, modellek megalkotása, elméletek felállítása, matematikai leírás. Alapvetővé válik egy közös fogalomkészlet megalkotása, olyan elemekkel mint pl. a kölcsönhatás, az energia, az anyag, az információ, az anyagszerkezet, a fejlődés, az evolúció, az entrópia stb.

Tekintsünk át a következőkben a többféle nevelési program közül néhányat!

Fizikai és általános kémiai ismereteket ötvöz egybe az 1976-ban megjelent Bevezetés a fizikába (Introductory Physical Science) című, hazai iskolarendszerünkbe belehelyezve általános iskolai ismereteket tartalmazó tankönyv (Haber-Schaim és mts. 1976). A tudományos ismeretek közvetítésén kívül célul tűzik ki a szerzők, hogy segítsenek a gyerekeknek a természet törvényszerűségeinek megismerésében, az ahhoz tartozó laboratóriumi mérésekben való jártasság kialakításában és fontos feladatnak tekintik a természettudományos témákkal kapcsolatos kommunikációs készség kialakítását, grafikonok, hisztorgrammok készítését és kiértékelését. A hozzá tartozó tanári segédkönyvben részletes óraleírások, kérdések, problémák találhatók, majd a válaszok ezekre, továbbá a téma feldolgozásakor elvégezhető mérések és azok várható eredményei találhatók.

A tankönyv tartalmának felosztása:

Bevezetés
Térfogat és tömeg
Jellegzetességek és tulajdonságok (pl. olvadáspont és forráspont, illetve ezek mérése)
Oldhatóság
Az anyagok szétválasztása (frakcionált desztilláció, oldatból való kikristályosítás, papírkromatográfia)
Vegyületek (víz elektrolízise, víz szintézise, cink-klorid szintézise, állandó súlyviszonyok törvénye)
Elemek (lángfestés, spektrumok elemzése, radioaktív elemek)
Az anyag atomos szerkezete (fekete doboz, relatív atomtömegek és molekulatömegek)
Molekuláris mozgás (diffúzió, gáz térfogata és nyomása, gázok összenyomhatósága, hőmérséklet és mozgás, gáz-, folyadék- és szilárd halmazállapotú anyagok hőtágulása, kristálynövesztés)
Molekulák és atomok mérete és tömege

1983-ban jelent meg *Uri Haber-Schaim* az energiával foglalkozó tankönyve, amelynek címe Bevezetés a fizikába: az energia (Energy a sequel to IPS (Introductory Physical Science)), mely az energia megjelenési formáit, az energiaátalakulásokat tárgyalja a fizika és a kémia számos területéről véve a példákat, rendkívül sok, érdekes kísérlettel. A könyv a következő témákat tartalmazza:

Elektromos energia - elektrolízis, galvánelemek
Hő (az elektromos áram hőhatása, mi a hő? - motorok, "motorok hőkapacitása")
Potenciális energia (gravitációs, az atomokban rejlő potenciális energia, reakcióhő)
Mozgási energia, gázok kinetikus modellje
Energia-megmaradás, az erőművek hatásfoka
Sugárzási energia és felhasználása (erőművek, növények)
Nukleáris energia

Az Amerikai Tudományfejlesztő Társaság 1985-ben indított el egy nagyszabású kutatási programot, amelynek a "*Project 2061*" nevet adta (a Halley üstökös ekkor lesz újra 76 év távollét után ismét Földközelben), s amely az amerikai tudományos oktatás megújítását tűzte ki célul. A programot legalább 10 évre tervezték, első szakasza 1989-ben zárult le. A kutatás öt területen folyik: biológia-egészségügy, matematika, fizika-információ-műszaki tudományok, társadalomtudományok, technika. A természettudományok oktatására alapvetően új megközelítéseket dolgoztak ki. Olyan kérdéseket is felvetettek és vizsgáltak, mint az, hogy hogyan épüljön fel egy tanítási nap, vagy hogy mivel helyettesíthetők a tankönyvek. Kiadtak egy összefoglalót is arról, hogy mit kell tudniuk az érettségiző diákoknak a különböző természettudományos tárgyakból. Ez az írás akár még a hazai helyi tantervek számára is útmutató lehetne (Beardsley 1992).

Ebben az elképzelésben a tankönyvprobléma megoldását egy számítógép-hálózat jelentené. (Hazánkban a Sulinet program töltheti be ezt a szerepet.) Ezen keresztül a különböző helyen lakó diákok is összehasonlíthatnák egymás kísérleti adatait.

A program kidolgozói az oktatás színvonalának emelése érdekében fontos szerepet szánnak a tanárok folyamatos továbbképzésének. Például a Matematikai és Természettudományi Tanárképző Főiskolán (Chicago) a város iskoláinak tanárai kéthetenként két napot töltenek el továbbképzéssel. Ezután egy vezetőtanár segítségével saját iskolájukban hasznosítják a tanultakat. Ez az ellenőrzés, helyi tanácsadás a program szerves részét képezi.

Lényeges, hogy a tanulók, akik a társadalom leendő szavazó állampolgárai lesznek, a tudományos fejlődés következményeként létrejövő technika elemeit természetes módon elfogadják és használják mindennapi életük során. A kockázat-nyereség tanulmányozása történelmi példákon keresztül kiindulópontként szolgálhat a legfontosabb aktuális problémák megtárgyalásához. A program szerint ezek napjainkban a nukleáris energia és a génsebészet.

Az Angliában a Collins Educational által 1987-ben kiadott, *Ken Dobson* szerkesztésében készült Összehangolt természettudomány (Co-ordinated Science), három kötetes, 13-16 évesek részére írt tankönyvcsaládot mutatjuk be legrészletesebben. A magyar hagyományoktól meglehetősen eltérő a sorozat könyveinek szemlélete.

A könyvek a fizika, kémia, biológia és helyenként a földrajz, technika tantárgyakhoz tartozó fejezeteket tartalmaznak. Felépítésük mozaikos jellegű, hiszen az egyes tantárgyak egyes témakörei rendkívül változatos sorrendben következnek, nem kapcsolódva egymáshoz. Vannak teljesen integrált fejezetek, vannak viszont szinte tisztán egyik vagy másik tantárgyhoz sorolhatók is. A fejezetek rövidek, nagyon sok fényképpel és érdekes ábrával színesítve a mondanivalót. Minden egyes fejezetet valamilyen érdekes történet, vagy fényképsorozat vezet be. Az anyag feldolgozása egyszerű, számunkra esetleg túlzottan is leegyszerűsítettnek tűnik, csak a fő mondanivalót öleli fel. A környezetvédelmi aspektusok és a közvetlen napi alkalmazási lehetőségek minden lehetséges helyen megjelennek. A fejezetek végén változatos tevékenységek találhatók, amelyek ténylegesen aktivitásra serkentik a tanulókat. Szerepelnek otthon elvégezhető kísérletek, megfigyelések, különböző beadványok elsősorban környezetvédelmi témakörben, tanulmányok írása lehet feladat, plakátok, tablók készítése stb. Majd a tananyaggal kapcsolatos kérdések következnek és minden fejezetet egy "lista" zár, mely a legfontosabb fogalmakat és azok alkalmazási módját tartalmazza, de három különböző szinten. Vagyis egyértelműen ki van jelölve a tanulók számára, hogy mit kell teljesíteni az alapszinthez, a középszinthez, illetve a felső szinthez.

A könyv szerkezete érdekes számunkra abban a tekintetben is, hogy mint azt már említettük, legtöbbször komplex, egy adott probléma köré csoportosuló ismeretanyagot tárgyaló fejezetekben csak a fő gondolatmenet szerepel közérthető formában, addig a könyv végén, majdhogynem lexikonszerűen vannak összeszedve a tananyaggal kapcsolatos fontos szakkifejezések, magyarázataikkal együtt valamint a törvényszerűségek. Ez az ún. adatbázis már tantárgyak szerint tartalmazza a fogalmakat. Ugyancsak megjelenik a tantárgyakra vonatkozó szétbontás a fontosabb laboratóriumi kísérletek, mérések leírásánál, ezek szintén a könyv végén találhatók. Itt szerepel az alapvető eszközök, berendezések használatának leírása. A tanulók csoportokban végzik kísérleteiket a tanár irányításával, e tevékenység az ismeretszerzési folyamat szerves részét képezi.

A könyv utolsó fejezete néhány mintafeladattal együtt részletesen ismerteti a tanulókkal, hogy a különböző készségeiknek milyen szintre kell eljutni a kurzus végére. Pl.

a megfigyelés, mérés területén, a mérések, kísérletek megtervezésének területén. Fontos feladatnak tekintik a különböző kommunikációs készségek fejlesztését a természettudományos ismeretszerzés esetében is. A könyvben szereplő követelményekrendszer közül majdhogynem ez a legrészletesebb, szerepel benne a beszédkultúra, a vitakultúra, a jó kérdések megfogalmazása, mások véleményének meghallgatása, logikus érvrendszer felállítása, a beszámolóknál a fogalmak korrekt használata. Írásban a rendezett írásos munkák elkészítése, továbbá táblázatok, grafikonok a szimbólumok és a mértékegységek helyes használata, logikus összefoglalások megfogalmazása. Fontos, hogy a tanulók a rendelkezésükre álló segédeszközöket használni tudják, képesek legyenek a csoportos munkára, és a természettudományos ismereteiket alkalmazni tudják a mindennapi gyakorlatban.

A mozaikszerűen felépített tananyag négy nagy gondolatkör mentén csoportosul:

1. *Az anyag részecskékből áll* (kinetikus elmélet). A részecskeszemlélet felhasználásával írja le a különböző halmazállapotokat, magyarázza az oldódás, párolgás, forrás, diffúzió és ozmózis folyamatát, gáz nyomását stb.
2. *Energia.* Az energiafogalom sok jelenség megértését segíti. Az energiára vonatkozó ismereteink sok információt szolgáltatnak arról, hogy egy folyamatban mi történhet és mi nem. A tanulók a jelenségek széles körének tanulmányozása során megismerik az energia-megmaradás törvényét.
3. *Alkalmazkodás és evolúció.* A növények és az állatok alkalmazkodnak ahhoz a területhez, amelyen élnek. Az evolúció során a legalkalmasabb faj marad fenn.
4. Ökológia.
5. Bemutatja a könyv, hogy minden élőlény ezen a Földön kölcsönösen függ a többitől.

Az első kötet a bevezető fejezeteket tartalmazza, 13 évesek számára íródott. Színvonala, fogalmi struktúrája ténylegesen az általános iskolainak felel meg a hazai könyvekkel történő összehasonlításban.

A második kötet 15 évesek számára íródott. Szakmai színvonala alacsonyabb, mint a tankönyveké, amelyek Magyarországon a hasonló korúak számára íródtak, azonban komplex jellege és a rendkívül széleskörű mindennapi alkalmazási lehetőségek ismertetése miatt lehet, hogy nagyobb tudásanyag marad meg a tanulókban. A tankönyvcsalád harmadik tagja 16 évesek számára íródott.

A tankönyvek tartalomjegyzéke:

BEVEZETÖ KÖNYV

1. Egészség
2. Energia és munka
3. Anyagok
4. Gázok
5. Mikróbák
6. Érzékelés és érzékszervek
7. Fémek
8. Étkezés és emésztés
9. Logikai áramkörök
10. Összefoglalás

1. KÖNYV

1. Energia és élet
2. Kémiai segítség
3. A fény "felhasználása"
4. A növények fontossága

5. Az étkezés kémiája
6. Ökológia: az élő egyensúly
7. Mozgások és erők
8. Szállító rendszerek
9. Együttmaradva és szétesve
10.Fémek
11.Anyagok a gyakorlatban
12.Az elektromosság használata

2.KÖNYV

1. Kémia otthon
2. Az állatok viselkedése
3. Kémiai energiaforrások
4. Az energiahordozók problémája
5. Biotechnológia
6. Struktúrák
7. A szervezet egyensúlya
8. Mikroelektronika
9. Kémia a gazdaságban

Néhány érdekes tevékenység a könyvből:

1. Fújj fel egy léggömböt, amennyire csak tudsz! Mérd meg cm-es pontossággal az átmérőjét! Ez után helyezd el a felfújt lufit a hűtőszekrénybe és mérd meg az átmérőjét 10 percenként egy órán keresztül, majd ábrázold az idő függvényében. Mi történne, ha meleg helyre tennénk a lufit?
2. Képzeld magad egy mikrobának, amely betegséget okoz! Be akarsz jutni az emberi testbe. Írd le a tervedet a "támadásról". Az írás tartalmazza a következőket:

- a nevedet (milyen típusú mikroba vagy)
- milyen betegséget okozol
- hogyan jutsz be az emberi testbe
- az emberi test mely részét célzod meg
- milyen veszélyeknek leszel bent kitéve.

3. Nézz körül otthon a szobádban. Hány elektromos berendezés található benne? Mennyi elektromos energiát használnak fel ezek a berendezések, és mennyibe kerül ez havonta?
4. Alakítsatok csoportokat, majd készítsetek posztert arról, hogyan és honnan érkezik az elektromos energia a ti iskolátokba!

1998-ben jelent meg az Amerikai Egyesült Államokban *Art Hobson*(1999): Fizika, Elvek és öszefüggések (Concepts and Connections), című könyve, mely első éves, nem fizika szakra járó egyetemisták és főiskolások számára íródott fizika tankönyv. A könyv a szerző előadásai alapján készült. Könyvének ismertetőjében a következő gondolatokat írja:

> Fejlett ipari társadalmak csakis akkor lehetnek sikeresek, ha polgárai rendelkeznek természettudományos műveltséggel. Így minden állampolgár nevelésének tartalmaznia kellene releváns természettudományt. Egy ilyen releváns természettudományt tanító kurzusnak komplexnek kellene lennie szakmai helyett, s magában kellene foglalnia a természettudomány kulturális és társadalmi hatásainak összefüggéseit.

A szerző a természettudományos fogalmak világos kifejtését, és megértését állítja előtérbe a hazánk oktatására különösen jellemző feladatmegoldások helyett. Ugyanakkor

elengedhetetlennek tartja a különböző grafikonok értelmezését, a valószínűségi következtetéseket, a becsléseket, arányosságokat és a tíz hatványaival való számolást. Fontosnak tartja a tanulók aktív részvételét az ismeretszerzési folyamatban, ezért nagyon sok olyan feladat is található könyvében, melyben azt kéri, bizonyos kérdéseket vitassanak meg egymással a tanulók. Olyan kérdések esetében van erre lehetőség, mint a természettudományos felfedezések társadalmi hatásai, a technika alkalmazása során felvetődő erkölcsi kérdések, filozófiai témák. Sok társadalmi példát használ, ezek jól használhatók a fizika tanítása, tanulása során. Ezek komoly motivációs értékkel is bírnak, „*egy cikk egy friss újságból, csodát tehet*". Fontosnak tartja azt, hogy modern fizikai témák is kellő súllyal szerepeljenek a tananyagban, akár azon az áron is, hogy klasszikus fejezetek maradnak ki.

A következő fő témakörök szerepelnek a könyvben:

I. A természettudomány kialakulási folyamatának áttekintése (jelenségek és elméletek, atomok, a dolgok természete)

II. A newtoni világkép kialakulása (hogyan mozognak a testek; Galilei, aki jól teszi fel a kérdést, miért mozognak; az Univerzum Newton elmélete szerint)

III. Az új fizika kialakulása (energia-megmaradás, a termodinamika második főtétele, fény és az elektromágneses sugárzás)

IV. A Newton utáni világkép (relativitáselmélet, az Univerzum Einstein szerint, vannak-e Földön kívüliek(?) kvantumelmélet, az Univerzum a kvantumelmélet szerint)

V. Az atom belsejében (atommag, radioaktivitás, maghasadás és fúzió, a jövő energiája, relativitáselmélet és kvantumfizika)

A következő társadalommal kapcsolatos témakörök szerepelnek a könyvben:

3-1.táblázat

Társadalmi témakörök	**Fizikai témakör**
Energiafogyasztás Szállítás és energiafelhasználás Fosszilis tüzelőanyagok Elektromos erőművek Megújuló energiaforrások Az energia hatékonysága/megőrzése	Energia, termodinamika
Az ózonréteg vékonyodása Globális felmelegedés	Elektromágneses spektrum
Földön kívüli élet	Speciális relativitáselmélet
Áltudomány A teremtés elmélete	Radioaktív kormeghatározás
A radioaktív sugárzás biológiai hatásai A kockázati tényezők kvantitatív meghatározása	Magfizika, sugárvédelem
Atomenergia Atomfegyverek	Maghasadás, fúzió

3.3. Matematika

3.3.1. Tudománytörténeti háttér

A matematika történetének tanulmányozása során megállapíthatjuk, hogy sok kiváló matematikus volt egyben fizikus is. A fizika általában a felismert matematikai módszerek alkalmazási területeként jelenik meg. De nem egy olyan esetet ismerünk, amikor a fizikai jelenség leírásához dolgoznak ki új matematikai módszert. (Sain 1978)

Galileo Galilei volt az első, aki következetesen alkalmazta az általa vizsgált természettörvények matematikai leírását, elsősorban kvantitatív eszközöket használva. Ókori elődje *Arkhimédesz* volt, akit a mechanika atyjának kell tekintenünk. Ő volt az, aki összekapcsolta először a fizikai kísérleteket és a matematikai összefüggések megfogalmazását. Könyvei azonban egy időre elvesztek, csak Galilei idejében kerültek elő, megtermékenyítve az újkori természettudományt. *René Descartes* (1596-1650) szerepe is kiemelkedő a matematika és a fizika kapcsolatát illetően. Az igazságok kutatására legalkalmasabbnak a deduktív matematikai módszert tekinti. Jelentős eredménye az analitikus geometria létrehozása és fejlesztése. *Christiaan Huygens* (1629-1695) az ingaóra tökéletesítése közben egész sor síkgörbét tanulmányozott. Számos felfedezést tett az ívhossz- és területszámításban. Az arkhimédészi módszer következetes alkalmazásával a differenciál- és integrálszámítás jelentős előkészítője.

A differenciál és integrálszámítás módszerének kifejlesztése *Isaac Newton* és vele párhuzamosan *Gottfried Wilhelm Leibniz* (1646-1716) érdeme, e matematikai eszközöknek döntő jelentősége volt a mechanika, kialakulásában. Ezzel párhuzamosan alakult ki a differenciálegyenletek elmélete és a fizikát is szorosan érintő megoldása, az ezzel foglalkozók többnyire egyszerre voltak fizikusok és matematikusok. A közönséges differenciálegyenletek elméletének úttörői *Jacob* és *Johann Bernoulli* voltak. *Jean Le Rond D'Alambert* (1717-1783) tekinthető a parciális differenciálegyenletek egyik megalkotójának. Az 1742-ban megjelent, a húrok rezgéséről szóló könyvében ismerteti először a parciális differenciálegyenletek alapvető leírását. A hővezetés elméletével foglalkozó *Jean Baptiste Joseph Fourier* (1768-1830) a róla elnevezett sorok segítségével oldotta meg parciális differenciálegyenleteit. *Joseph Louis Lagrange* (1736-1813) az analízis módszereit alkalmazta a merev testek mechanikájára. *Pierre Simon Laplace* (1749-1827) fizikai munkáiban jelentős mértékben fejlesztette az analízist. Sok eredménye sorolható a matematikához és a fizikához egyaránt.

Karl Friedrich Gauss (1777-1855), akit a matematika fejedelmének is neveznek, szintén maradandót alkotott a fizika területén. Azon erők elméletével foglalkozott, amelyek fordítottan arányosak valamely távolság négyzetével. E kutatás eredményeként született meg a matematika új ága, a potenciálelmélet, amely a fizikában is gyümölcsözőnek bizonyult.

Nem csak a mechanika kiteljesedésében, de a modern fizika megszületésében is komoly szerepe volt a matematikának. Az általános relativitáselmélet jelentős mértékben épít a *Georg Friedrich Bernhard Riemann* (1826-1866) geometriájával kapcsolatos matematikai ismeretekre, a kvantummechanika jelentős mértékben

támaszkodik az általa használható fügvények (pl. gömbfüggvények) leírására, de a példák végtelenségig sorolhatók.

3.3.2. Kapcsolódási lehetőségek

A matematikát a fizika tanulása közben *eszköztudásként* használjuk. Arányosságokat írunk fel, egyenleteket oldunk meg, függvényeket, grafikonokat rajzolunk. A két tudomány tanulmányozásának összehangolása előfeltétele az eredményes fizikatanulásnak.

A mai fizikatanítás során gyakran válik egyoldalúvá a fizikai jelenségek matematikai leírása, és elsikkad a kvalitatív elemzés, a fizikai lényeg megértése. Úgy véljük, hogy a fizkatanítás során növelni kell a kvalitatív elemzés szerepét. Ez azonban nem vezethet – ellentétes hibaként - a matematikai leírás elhanyagolásához. A gyerekkel már a fizikatanulás elejétől meg kell értetni, hogy a teljesebb fizikai leírás igényli a matematikai eszközök használatát. Több olyan fogalmi váltás (lásd a Bevezetőt) van a fizika tanulása során, amelyet lényegesen segíthet a matematikai formalizálás. Különösen fontosak a különböző becslések, egyes fizikai mennyiségek nagyságrendjeinek megállapítása. De még egyszer hangsúlyozzuk, hogy a fizikai jelenségek megértése szempontjából a kvalitatív elemzésnek van döntő jelentősége.

A matematikai leírás bevezetésének fokozatosan kell megtörténnie. Hiába tanulta már matematika órán a gyerek a számunkra szükséges ismeretet, ne feledjük, hogy a transzfer nehéz, az új helyzetben való alkalmazás nem könnyű. Sokszor más betűket is használunk, mint a matematika órán. Továbbá a fizikai mennyiségeknek többnyire mértékegysége is van, amivel szintén matematikai műveleteket végzünk.

Az egyenes, illetve a fordított arányosság fogalomkörét felhasználó fizikai feladatokat először célszerű következtetéssel megoldani, mielőtt a képletszerű formát használnánk. Napjainkban már sok fizika tankönyv, példatár mutatja be mindkét módszerrel a megoldást.

Nem tartjuk követendő példának a szintén elterjedt, úgynevezett segítő háromszögek használatát, mivel ebben az esetben csak mechanikus képletbe való behelyettesítést látnak a gyerekek a fizikai jellegű problémák megoldása során. És nem tartjuk helyesnek az olyan feladatok megoldását sem, amikor pl. egy táblázat hiányzó adatait kell mindössze kiszámítani egy algoritmus segítségével. Ez csak a képletek memorizálásához vezet, de nem lesz mögötte fizikai tartalom.

Az általános és középiskolai fizika matematikai igényeit szinte teljesen kielégíti a négy alapművelet és a vektorszámítás elemi használata. A felsőbb matematika elemeiből mindössze a szögfüggvények, illetve kevés koordináta-geometriai ismeret szükséges. Fontos azonban, hogy a gyerekek igazából ne képleteket, hanem összefüggéseket, függvényszerű kapcsolatokat lássanak a fizikai törvények matematikai megfogalmazásai mögött.

3.4. Kémia

3.4.1. Tudománytörténeti háttér

Az atomista elméletek, majd a különböző atommodellek kidolgozói nem voltak mind vegyészek. Az atomizmus az ókorban, majd később a középkorban inkább filozófiai meggyőződést jelentett, amelyet materialista volta miatt oly sokáig üldözendőnek is találtak az egyház képviselői. A kémiában először a fizikusok számára is ismerős *Robert Boyle* (1627-1691) kezdte használni az atomista elképzelést a 17. században. Minden általa vizsgált jelenséget az anyag részecsketermészetével próbált megmagyarázni. Úgy vélte, hogy valószínűleg egyetlen ősanyag van (de lehetséges, hogy több), és ebből állnak az atomok. Vagyis nyitva hagyta a végső alkatrész kérdését és az ezzel kapcsolatos filozófiai nézeteket.

John Dalton (1766-1844) meteorológusként kezdte pályafutását. Hasonlóan kora természettudósaihoz, ő is ismerte az atomelméletet. Ez az atomelmélet azonban már különbözött az ókori görögök elképzeléseitől. Ismert volt az elem fogalma, s megfogalmazódott az az elképzelés, hogy a különböző elemek különböző atomokból állnak. Ennek alapján Dalton a vegyületeket úgy képzelte el, hogy azok különböző számú atom összekapcsolódásával jönnek létre. Ez a modell pedig nagyon jól magyarázza a vegyületek esetében akkor már ismert állandó tömegarányok törvényét. Sőt, elméletéből az is következett, hogy ha két elem többféle vegyületet alkothat egymással, akkor az egyik elemből mindig ugyanannyit véve, a másik elemből a különböző vegyületekben szereplő mennyiségek úgy aránylanak egymáshoz, mint a kicsiny egész számok. Dalton atomelmélete, annyiban különbözik minden addigi atomelmélettől, hogy mennyiségi értelmezést is ad! (Schiller 1987)

Az elektromos jelenségek kísérleti vizsgálatában kiváló *Michael Faraday* (1791-1867) adott mennyiségi értelmezést az elektrolízis törvényszerűségeire. Ez előkészítette az elemi töltés, majd az elektron felfedezését. A fizikus *Joseph John Thomson* (1856-1940) derítette ki, hogy minden anyag alkotórésze kell legyen az elektron. Az első atommodell is tőle származik, amelyet egyszerűen csak mazsolás puding modellként szokás emlegetni. A pozitív töltésű "pudingban" ülnek a negatív töltésű elektronok, a "mazsolák". (Ez a modell egyébként egészen jól használható a törésmutató elemi értelmezéséhez.)

A kémiában alapvető szerepet játszó anyagmennyiség, a mol fogalom kialakításában, számértékének meghatározásában, majd pedig a fogalom tisztázásában szintén sok fizikus vett részt. Nem egy esetben tulajdonképpen *nincs is értelme kategorikusan besorolni az egyes tudósokat egy-egy tudományterületre, sokan ugyanis egyszerre voltak vegyészek és fizikusok* is. *Pierre Curie* (1859-1906) és felesége *Marie Sklodowska* (1867-1934) a radioaktivitás vizsgálata során az egyes anyagok elkülönítéséhez a klasszikus analitika, az "alkímia" módszereit használták ugyanúgy, mint majd később a maghasadás felfedezésénél, a kísérleti eredmények értelmezéséhez *Lise Meitner* (1878-1968) és *Otto Hahn* (1879-1968). A

(1898-1964) által keresett, neutronnal „működő” láncreakció jelentőségét először a vegyészek értették meg, akik ismerték a kémiai láncreakciót, amilyen a tűz.

A következő atommodell a szintén fizikus *Ernest Rutherford* (1871-1937) nevéhez köthető, aki felfedezi az atommagot. A modell szerint az atom egy parányi Naprendszerhez hasonlatos. A modell ellentmondásainak kiküszöbölésére alkotja meg *Niels Bohr* (1885-1962) az általa bevezetett kvantumfeltételeket is tartalmazó elképzelését. Az *Ervin Schrödinger* (1887-1961) által alkotott új modell az elektron hullám voltának feltételezésével, az általa felállított egyenlet megoldásaiként adja kezünkbe a Bohr által "kívülről" bevezetett kvantumfeltételeket. És végül ez az a modell, amely képes megmagyarázni a kémiai kötés létrejöttét, annak telítettségét, az ionok, az ionrács kialakulását. Értelmezhetővé válik az addig már évtizedek óta a kémiai elemek azonosítására használt vonalas színképrendszer. A neutron felfedezésével teljes mértékben értelmezhetővé válik a periódusos rendszer. (Radnóti 1997)

Az atombomba előállításában, majd a nukleáris energia békés felhasználásának kialakításában részt vett „magyar maffiának" nevezett csoport tagjai közül ketten vegyészek, *Wigner Jenő* és *Teller Ede*. *Szilárd Leó* ugyan fizikus végzettséget szerzett, de jártas volt a kémiában is. A láncreakció keresése közben fedezte fel a később Szilárd-Chalmers hatásnak nevezett jelenséget. Az ennek alapján kidolgozott elméletet napjainkban forró atom kémiának is nevezik.

A jelenség lényege a következőképp foglalható össze: A neutronokat biológiailag fontos szerepet játszó elemek atommagjaiba (például jódba) „belőve" előállítható azok radioaktív, tehát sugárzásuk alapján nyomon követhető, izotópja. Szilárdot az érdekelte, hogy miként lehet ezeket az izotópokat, melyek kémiailag azonos módon viselkednek, mégis kémiailag elkülöníteni. A neutron befogása következtében felszabaduló kötési energia gamma sugárzás formájában jelenik meg. A gamma foton kibocsátásakor viszont a lendület-megmaradás következtében a kibocsátó atommag visszalökődik, ami kiszabadítja azt molekuláris kötődéséből. És ezek a kiszabadult atomok már kémiailag is elkülöníthetők a molekulában kötve maradt stabilis atomoktól. (*Marx*, 1997)

Hevesy György (1885-1966) Nobel díjas magyar tudós egyaránt otthonos volt a fizika és a kémia területén is. Nevéhez fűződik a hafnium elem megtalálása, és a radioaktív nyomjelzés technikájának kidolgozása, mely eljárás napjainkra az orvostudomány számára elengedhetetlen eszközzé vált.

A felsorolt tudománytörténeti példákból az látható, hogy e két tudomány nagyon sok területen érintkezik, egymással karöltve fejlődik, és szakembereik sok, közösen használt fogalmat alkotnak.

3.4.2. Kapcsolódási lehetőségek

A kémia oktatása a magyar iskolarendszerben két fő témakör köré csoportosítható. Az egyiket általános kémiának nevezhetjük, a másikat pedig a különböző elemek vegyületeinek tárgyalása jelenti, természetesen ez a felosztás meglehetősen leegyszerűsített. Az anyagszerkezeti kérdések a kémia megalapozását jelentő általános kémiai részben kapnak helyet, tehát itt szerepel az atomok szerkezete, az ionok, molekulák kialakulása, a halmazok és a különböző halmaztulajdonságok, a halmazállapot-változások értelmezése.

A kémiatanítás szempontjából megalapozó jellegű fogalom az *energia*, továbbá fontos az *anyagszerkezetre* vonatkozó alapismeretek közül a részecskeszemlélet kialakítása. Ezeket a fizikában tárgyaljuk.

Fontos továbbá, hogy a kémia viszonylag hamar használni tudja az atomszerkezeti alapon értelmezett periódusos rendszert, mivel akkor tudja csak megfelelően tárgyalni az egyes elemek jellegzetes tulajdonságait, vegyületeiket.

Az atomokból, molekulákból, ionokból felépülő halmazok tulajdonságainak, mint például keménység, elektromos- és hővezető képesség, oldhatóság, továbbá szerkezetüknek és átalakulásaiknak az értelmezése szintén lényeges az anyagismeret szempontjából. A legtöbb esetben a galvánelemek tárgyalása a kémia órákon történik meg, ezt a fizika használja fel az elektromos áramkörök téma feldolgozásánál. A gázokkal kapcsolatos feladatok sokszor azonosak a kétféle órán. A felületi feszültség molekulaszerkezeti magyarázatához a fizika a kémiát hívja segítségül.

A kémiai reakciókat kísérő energiaváltozások, a reakcióhő, a Hess-tétel, az egyensúlyi folyamatok értelmezése termodinamikai ismereteket feltételez. A kémiai reakciók sebességének hőmérsékletfüggése szép példája a Boltzmann-eloszlással kapcsolatos alkalmazásoknak. A különböző anyagok mólhőjének értelmezése elképzelhetetlen kémiai ismeretek nélkül.

3.4.3. Néhány jellegzetes példa

Elektrokémia

A fizika szakos kollegák egy része még azoktól a kémiai problémáktól is idegenkedik, amelyek a fizika órákon elkerülhetetlenek. Pedig az elektromosságtan lassabban fejlődött volna, ha Luigi Galvani (1737-1798) híres békacomb-kísérlete nyomán (mely egyben a biológiával való kapcsolatra is utal) Volta nem alkotja meg az első galvánelemeket. Az elektrokémiában egyszerre jelenik meg az anyagszerkezet, az elektromosságtan, a termodinamika és egy kis kémia. (részletesen lásd Radnóti - Róka 1999)

A Boltzmann-eloszlás alkalmazása kémiai példákra

A kémiai reakciók időbeli lefutásának jellemzésére a *reakciósebesség*et használjuk. A reakciósebesség a folyamatban szereplő valamelyik komponens koncentrációjának időegység alatt bekövetkező változását jelenti. A reakció során, mivel a kiindulási anyagok fogynak, a termékek mennyisége nő, a reakciósebesség egy adott reakciónál sem lehet időben állandó. Így a reakciósebesség egyértelmű meghatározása csak differenciális mennyiségekkel történhet. A reakciósebesség: $v = \frac{dc}{dt}$, ahol v a reakciósebesség, c a koncentráció és t az idő. A reakciósebesség arányos az időegységre eső hatásos ütközések számával, amikor megtörténik az elektronátrendeződés, vagyis a kémiai reakció. A kedvező ütközések száma a részecskék koncentrációjával arányos. A reakciók sebességét az is befolyásolja, hogy hány molekulának van annyi energiája, amennyi elég a hatásos ütközéshez, amelyet a Boltzmann-eloszlás határoz meg. A kémiai reakciók sebessége nagymértékben függ a hőmérséklettől. A hőmérséklet emelkedésével a reakciók sebessége megnő. (Radnóti 1982)

Energiatároló molekulák

Nézzünk egy nagyon egyszerű példát, ami a fizikában kialakított energiafogalom kémiai felhasználására vonatkozik! Mi történik az elemi állapotú hidrogén és oxigén reakciójakor? A folyamat a következőképp írható fel: $H_2 + 1/2\ O_2 = H_2O$,
miközben 242 kJ energia szabadul fel mólonként. De miért szabadul fel energia? Mi is történik valójában? Mind a hidrogén, mind az oxigén esetében kétatomos molekulából indultunk ki. A kötést létesítő, úgynevezett kötő elektronpárok elemmolekulák esetében egyformán tartoznak mindkét atomtörzshöz. A kötés apoláros. Mi a helyzet azonban a vízmolekula esetében? A kialakult O-H kötésben a kötést létesítő elektronpár a nagyobb elektronegativitású atom, az oxigén felé tolódik el, nagyobb az elektronsűrűség az oxigén atommag körül. A kötés poláros. Vagyis a kötést

létesítő elektronpár mintegy lefelé csúszott egy képzeletbeli potenciálgödörbe, az elektromos munkavégzés közben pedig energia szabadult fel.
Meg is becsülhetjük, hogy mekkora a potenciálesés, amelyen az elektronpár "lecsúszott". 1 mól víz képződése 242 kJ energia felszabadulásával jár. Egy mól O-H kötés létrejötte ennek a fele, vagyis 121 kJ, egy darab pedig közel 0,2 aJ energia felszabadulását eredményezi. $2.e.U = 0{,}2$ aJ, innen $U = \frac{0{,}2\text{aJ}}{2e} \approx 0{,}63\text{V}$ a potenciálesés.
A reakció során apoláros molekulákból keletkeztek poláros molekulák. A szén és hidrogén atomok elektronegativitása majdnem azonos, vagyis a szénhidrogének, amelyekben csak szén-szén és szén-hidrogén kötések vannak szintén apoláros molekulák. Ilyen anyagokat használunk az égési folyamatokhoz, szenet, különböző szénhidrogéneket. Általánosságban megfogalmazva, a poláros kötések nagyobb kötési energiája, vagyis mélyebb energiaszintje lehetőséget ad arra, hogy az alacsonyabb kötési energiájú, vagyis magasabb energiaszinten lévő apoláros kötésekben energiát lehessen tárolni. Az apoláros kötéseket polárossá alakítva az energia bármikor felszabadítható. Vagyis:
apoláros anyag $\rightarrow$ poláros anyag + energia.
Ezt tesszük minden tüzelőberendezésben, de ezen alapul az élőlények energiacseréje is. Azonban némi különbség azért mégiscsak van az élőlények oxidációja és a tüzelőberendezéseinkben végbemenő folyamatok közt. Az élőlények anyagcsere-körfolyamatai olyan molekulákra vannak alapozva, amelyekben részben apoláros kötések vannak energiaraktár gyanánt, de részben polárosak is. Ezeknek a szerepe a molekulák közti másodrendű kölcsönhatások kialakításában van. A kőolajat nem tudjuk elégetni, hogy abból energiát nyerjünk a környezetnél magasabb hőmérsékletünk fenntartására a téli hidegben, de a zsírt, olajat igen. Ezek észter típusú molekulák révén oxigén atomokat tartalmaznak, mintegy "kémiai fogódzó" gyanánt. Az égéstermékeink viszont ugyanúgy víz és szén-dioxid, az utóbbit kilélegezzük. Szervezetünkben azonban az égési folyamat nem olyan gyorsan megy végbe, mint a kazánban. Az elektron potenciálesése nem egy lépésben megy végbe, hanem nagyon sok, apró lépésre bontva a sejt körfolyamataiban. Az égésnek ez a formája a *lassú égés*. A lassú égésre példa még a korhadás, de a vas rozsdásodása is.
Érdekes következtetésre juthatunk a különböző élelmiszerek energiatartalmára vonatkozóan az alábbi adatok figyelembevételével:
a zsír égéshője 39 millió J/kg ,
a cukor égéshője 16 millió J/kg.
Első ránézésre meglepő lehet, hogy a fogyókúrázók által közismerten oly mértékben nélkülözött cukor égéshője mennyivel kisebb, mint a zsíré. A molekulaszerkezet ismeretében azonban ezen nem kell csodálkoznunk. Ugyanis a zsírmolekula főleg apoláros C-C és C-H kötéseket tartalmaz, addig a cukormolekulában jelentős a C-O kötések száma, amelyek polárosak lévén, átalakításuk során nem nyerhető ki energia.

3.5. Biológia

3.5.1. Tudománytörténeti háttér

Edmé Mariotte (1620-1684) híres francia fizikus fedezte fel a vakfoltot a szemben a 17. században. A matematikusként is ismert *Laplace* fedezte fel a 18. század elején azt, hogy a véredények falaira ható feszültség függ a vér nyomásától, az ér sugarától és az érfal vastagságától. *Luigi Galvani* híres békacomb kísérlete során fedezte fel azt, hogy az idegek fémmel való érintkezése izommozgást vált ki. A továbblépés már a fizikus *Alessandro Volta* érdeme volt, aki 1792-ben publikálta, hogy a békacomb, vagy az emberi nyelv csak mint „jelző műszer” szerepel, az elektromotoros erő létrehozásához két fém és elektrolit oldat szükséges. A fizikusok által jól ismert *Thomas Young* (1773-1829) orvos volt, aki sok fizikai témájú munkája mellett a szem alkalmazkodásával és a színek látásával is foglalkozott. *Thomas Johann Seebeeck* (1770-1831) is a sokoldalú orvos fizikusok közé tartozott, a róla elnevezett termoelektromos jelenség mellett a cukoroldat optikai forgatóképességét is felfedezte. A jelenségnek nagy jelentősége van a vércukorszint megállapításánál. Talán a legismertebb a trópusi hajóorvos *Julius Robert Mayer* (1814-1878), akinek a fizika az energia-megmaradás tételét köszönheti. A 20.

század eredményei közül a *Curie*-házaspár által felfedezett radioaktivitásnak, valamint a *Wilhelm Konrad Röntgen* (1845-1923) által felfedezett és róla elnevezett sugárzásnak van ma is kiemelkedő jelentősége az orvostudományban.

Századunk első felétől kezdve izgatta a fizikusokat is az élet mibenléte, és napjainkban is sok fizikus választ kutatási területként biofizikai témát. Az egyik leginkább meghatározó ezzel kapcsolatos írás: Ervin Schrödinger: Mi az élet? című tanulmánya. A biofizika „atyjának" sokan Szilárd Leót tekintik. Nem egy Nobel díjas biológus hivatkozik arra, hogy kutatásaihoz az ötletet, az indíttatást Szilárdtól kapta. Elsőként rögtön 1922-ben írt doktori értekezését említhetjük, amelyet egyben az informatika alapjának is tekintenek. A Maxwell-démon problémája izgatta. Tanulmányában kimutatta, hogy a mérést végző, és annak eredményére emlékező intelligens lény sem vonhatja ki magát a természet törvényei alól. Az egymást átlagosan *kT* energiával „lökdöső" atomok alkotta környezetben az információ megőrzése csak úgy lehetséges, ha az információt őrző rendszernek nagyobb az energiája, magasabb energiaszinten van, mint *kT*. Tehát az információ megőrzése energiát igényel, annak mozgatása energiát használ el, amit egyszerűen úgy is mondhatunk, hogy „a gondolkodás is súrlódással jár". Lokálisan és átmenetileg létrehozható rend (élet, technika), de ennek az ára az, hogy valahol máshol még nagyobb rendetlenség alakul ki. Vagyis az élet és a technika egyaránt tápanyagot, illetve tüzelőanyagot fogyaszt és szennyezi a környezetet. Egy másik találmányában Szilárd „láthatóvá tette az evolúciót", megépítette a kemosztátot. Ez egy zárt tartály, amelyben folyamatosan biztosíthatók a változatlan fizikai-kémiai körülmények, állandó szinten tarthatók a baktériumtápanyag és az oxigén mennyisége. Az ebben élő baktérium populáció ily módon meghatározott körülmények közt tanulmányozható. Amennyiben ellenőrzötten változtatják a körülményeket, akkor vizsgálható, hogy annak hatására miként változik a bakteriális reprodukció, mutáció, szelekció, adaptáció, vagyis az élet alapvető folyamatai. A berendezés ma is az egzakt modern biológiai kutatás alapját jelenti. Megfigyelhető és mérhető, hogy az evolúcióra milyen befolyással van a diverzitás, a különböző mutációkeltő hatások intenzitása, és az egyéb környezeti feltételek változása. Vizsgálhatók az öregedési folyamatok.

Szilárd Leótól származik a „dupla blöff" elve (miszerint a kétszeri tagadás pozitív állítást jelent) alkalmazásának felvetése a biológiában. Az enzimek visszacsatolás által szabályozzák a sejt működését. Például a baktériumok csak akkor termelnek laktozidáz enzimet, ha jelen van a megemésztendő laktóz (tejcukor) is. Blokkolva van az enzim termelése, ellenben ha az átalakítandó anyag (jelen példánkban a laktóz) megjelenik, akkor az feloldja a gátlást, így megindulhat az enzim termelése. Tehát a gének működését gátló és stimuláló jelek szabályozzák, a gén aktiválását az inhibitorhatás alóli felszabadulás idézi elő.

Szilárd Leó alkalmazta először a sugárterápiát a rák gyógyításában, így ennek bevezetése is az ő nevéhez fűződik. Saját hólyagrákját kezeltette így. Saját maga döntötte el, hogy a rákos testrész kezeléséhez alkalmazott dózis 60 sievert legyen. (Az egész testet érő 9 sivert dózis halálosnak minősíthető.) A kezelés sikeres volt. (Marx, 1997)

1930-ban *Volterra* kidolgozta az egymással versengő populációk matematikai modelljét, a közismert ragadozó-préda modellt. Ezzel példát mutatott arra, hogy miként lehet egy lényegében leíró biológiai diszciplinát kvantitatív tudománnyá alakítani.

Onsager és *Prigogine* munkáiból fejlődött ki a biológiai folyamatok termodinamikájának modern elmélete, miszerint az élet termodinamikai értelemben nemegyensúlyi (nyílt) rendszerekben lejátszódó folyamatok összessége.

A modern biológia fordulópontját jelentette a fizikus *Francis Cricknek*, a biológus *James Watson*nal együtt megalkotott DNS kettős csavar modellje. A röntgenkrisztalográfia és a molekuláris szerkezetkutatás egymásra találásával született eredmények alapozták meg a fehérjék működésének megértését és tervezhető átalakítását. (Watson 1970)

Némely fizikus szereti az evolúciót úgy szemlélni, mint a termodinamika második főtételének következményét. A szaporodás során ugyanis a DNS állomány megkettőződésekor mindig történik másolási hiba, aminek következtében mutáció történik. A mutáns egyed tulajdonságai eltérőek lesznek. A legtöbb mutáció káros, és ezek az egyedek kiszelektálódnak, mivel nem érik meg a szaporodáshoz szükséges kort, így nem lesznek utódaik, eltűnnek a populációból. De előfordulhat az is, hogy a mutáns jobban tud alkalmazkodni a környezetéhez, több utódja lesz. Végül átalakítja a fajt. Az evolúció ilyen formában az adott környezethez legjobban illeszkedő egyedeket „választja ki", olyan mint egy „sikertörténet". Minden kudarc eltűnik a létért folytatott „harc" során, csak a sikeres egyedek maradnak életben, és szaporodnak tovább. De az új tulajdonságokkal rendelkező egyedek a DNS másolási hibája következtében jönnek létre. Természetesen mutáció más módon is létrejöhet, pl. különböző sugárzások, kémiai anyagok hatására.

Sok fizikus tevékenykedett a biológiai és orvosi kutatásban, terápiában, diagnosztizálásban új mérőmódszerek kifejlesztésében. Gondoljunk a különböző képalkotó módszerekre, pl. pásztázó atomerő mikroszkópra, NMR spektroszkópiára, számítógépes röntgen tomográfiára stb.

Érdekes kutatási terület napjainkban a statisztikus mechanikai kezelésmód alkalmazása különböző biológiai esetekben. Az alapelv az, hogy a sok hasonló objektumot tartalmazó rendszerek átlagos viselkedése általában csak kevéssé függ a mikroszkopikus részletektől. Az ideális gázok esetében a statisztikus fizika az egyes gázmolekulák helyének és sebességének ismerete nélkül, azok eloszlásfüggvényével dolgozik, amelyből például kiszámítható a molekulák átlagos mozgási energiája. Ez a mennyiség pedig éppen megfeleltethető a gáz hőmérsékletének, amely fontos termodinamikai jellemző. Modelleznek ilyen formán baktériumtelepeket, halrajokat, madárcsoportok vonulását, sőt még embercsoportok mozgását is, vagy az agy működését, mint egy speciálisan kölcsönható sokrészecske rendszert. Az agy esetében például nem tudjuk a neuronhálózat minden egyes sejtjének állapotát külön-külön nyomon követni. E helyett a neuronok állapotának eloszlásfüggvényeivel dolgozik a modell, és ezekből próbál az egész működésére jellemző átlagmennyiségeket definiálni, abban bízva, hogy így az adott hálózat működésének lényeges momentumát sikerül megragadni.

3.5.2. Kapcsolódási lehetőségek

A fizikai tudás felhasználásával sok, a biológia tárgykörébe tartozó összefüggés magyarázható meg. A biológia ragyogó példákat ad a fizika tanárok kezébe, akik azokkal színesíthetik óráikat. Erre nagy szükség is van, mivel a fizika sajnos nem tartozik a legkedveltebb tantárgyak közé, amint az több ilyen irányú vizsgálatból kiderült. A biológia órákon pedig az esetleg csak tényszerűen felsorakoztatott ismeretanyag mellé ok-okozati magyarázatok is kerülhetnek.

A biológiatanítás szempontjából a kémiához hasonlóan megalapozó fogalom az energia, elsősorban az anyagcsere, tápláléklánc, táplálékhálózat, az ökológia tanításához, de áttételesen az egész biológiai tananyag feldolgozásához. De ezen kívül is számos kapcsolat van a két tudományterület közt a következő témakörökben, mint például:

- Hajszálcsövesség, párolgás, a növények anyagszállítása,
- Gázok, légnyomás a gázcsere, légzés,
- Egyszerű gépek közül az emelő az izom, a csontozat mozgása,
- Különböző érzékszervek működése, mint látás, hallás,
- A hangadás különféle módjai,
- Elektromos vezetési mechanizmusok és az ingerület terjedése,
- Elektromos halak, illetve elektromos érzékelők különböző élőlényekben,
- Mágneses érzékelés egyes élőlényeknél,
- Fény és látás
- Hideg- és melegtűrő állatok, hőszabályozás,
- Anyagcsere és hőmérséklet, a testméret szerepe
- Mikroszkóp
- Az orvostudományban használt technikák, mint száloptika, EKG, röntgen, különböző tomográfiák használata stb.

3.5.3. Néhány jellegzetes példa

Milyen magasak lehetnek maximálisan a szárazföldi emlősök?

A csontokat, inakat és a többi belső szervet is csak bizonyos határig lehet károsodás nélkül terhelni. A szilárdsági határ ebben az esetben a mechanikából ismert σ feszültséggel adható meg. A csont általában a természetben előforduló, egyik legnagyobb mértékben rugalmas, nagy szilárdságú szerkezet. Becslésünkben 10 MPa értékkel fogunk számolni.

Az állat súlyából származó erő F = mg, az ebből számolható feszültség pedig $\sigma = \frac{mg}{A}$, ahol A a támasztó csont keresztmetszete. Egyszerű modellünkben tekintsük az állatok csontszerkezetét hasonlónak! Közelítsük továbbá az állat térfogatát lineáris méretének harmadik hatványával arányosnak: $V = \alpha r^3$. A csont keresztmetszete a lineáris méret négyzetével arányos: $A = \beta r^2$, továbbá a tömeget fejezzük ki az átlagos sűrűséggel:

$m = \rho V$. Fejezzük ki a feszültséget $\sigma = \frac{g\rho\alpha r^3}{\beta r^2} = \frac{g\rho\alpha}{\beta} r = C \cdot r$, ahol $C = \frac{g\rho\alpha}{\beta}\,\frac{\text{Pa}}{\text{m}}$, egy a testmérettől független állandó. Összefüggésünk szerint a csontra ható feszültség az állat r lineáris méretével egyenesen arányos.
Becsüljük meg a C állandó értékét!

$\sigma = \frac{mg}{A} = C \cdot h$, ahol az r lineáris méret helyett a h testmagasság szerepel. Tekintsünk egy termetes embert, akinek súlya mg = 1000 N-nak, magassága 1,8 m-nek és nagy lábszárcsontjának keresztmetszete

A = 5 cm^2 = $5 \cdot 10^{-4}$ m^2 – nek tekinthető, akkor $C = \frac{\sigma}{h} = \frac{mg}{Ah} = 1{,}1 \frac{\mathrm{MPa}}{\mathrm{m}}$.

A fentiek ismeretében becsüljük meg azt a határmagasságot, amennyit a csont szilárdsága kibír: $h_{hatás} = \frac{\sigma_{hatás}}{C} = 9\,\mathrm{m}$. (Kedves, 1998)

Az állatok és a hőmérséklet

Az élőlények életfolyamatait alapvetően befolyásolja a környezet hőmérséklete. Amennyiben az élőlény és környezete nem azonos hőmérsékletű (és általában ez a helyzet), akkor energiaátadás következik be. A hideg égöv alatt élő állatok számára az energia megtartása a fontos a kihűlés, megfagyás elkerülésére, míg a meleg égöv alatt élők számára pedig a hő leadása, a túlmelegedés elkerülése miatt.

A hőmérséklet-változás minden élettani folyamatot befolyásol. Az oxigénfogyasztás általában megkétszereződik 10 °C-os hőmérséklet-növekedés hatására. Ha egy állat széles hőmérséklet-tartományt képes elviselni, akkor az oxigénfogyasztás sebessége a Boltzmann-eloszlás szerint exponenciálisan nő a hőmérséklet emelkedésével. Az enzimrendszer, az enzimműködés sebessége is ennek megfelelően változik. Valamennyire tudják magukat hűteni az állatok a párologtatással.

A hideg elleni védekezésnek kétféle módja alakult ki az állatvilágban. Az állatok egy részének a testében jég képződik, míg másikuk megfelelő testfolyadékot, mintegy fagyásgátló anyagot termel, mely testnedvnek a fagyáspontja, illetve a fagyáspont-csökkenés értéke függ annak koncentrációjától.

Az állatok hőgazdálkodása testfelületük nagyságától is függ.

A táplálék a szervezet üzemanyaga, melynek lassú „elégetéséhez” a levegőből felvett oxigénre van szükség. Az égéssel termelt energia egy része tartja melegen testünket, más része az izomzat működéséhez szükséges. A belső szerveink mozgatásához, az alapanyagcsere fenntartásához, mint szívműködés, légzés, bélműködés, is szükséges energia, így akkor is kell ennünk, ha ágyban fekszünk. Fizikai aktivitás kifejtéséhez természetesen még több energia, táplálék bevitele szükséges.

Evolúciós változások póluscsere idején

A szerves maradványok tanulmányozása arról tanúskodik, hogy 2,5 millió évvel ezelőtt számos új vízinövény és primitív egysejtű szervezet tűnt fel hirtelen, majd félmillió évvel ezelőtt, majd az utolsó pólusváltás idején ugyanilyen hirtelen el is tűntek. Más élőlénycsoport is feltűnően megváltozott, illetve több új csoport is feltűnt. Ezek az evolúciós változások feltehetően azzal magyarázhatók, hogy a pólusváltások időszakában a földi mágneses mező időlegesen eltűnik. Ekkor pedig a kozmikus sugárzás akadálytalanul behatol a légkörbe, mely megtámadja az élőlények szervezetét, felbontja a szerves molekulák kötéseit, ionizál stb. Egyes fajok kihalását, mások megváltozását, mutációját idézi elő.

3.6. Földrajz

3.6.1. Tudománytörténeti háttér

A földrajz és a fizika kapcsolata a csillagászat területén igen jelentős. Történeti áttekintésünkben elsősorban erre a területre koncentrálunk.

A csillagászat a legrégibb természettudomány. A csillagászat korai kifejlődésének két fő oka volt. Egyrészt az embereknek misztikus elképzeléseik voltak az "égi világról". A különböző népek az egyes égitesteket istenként tisztelték, illetve úgy vélekedtek, hogy az emberek sorsa meg van írva a csillagokban. A második, ennél

lényegesebb oka a csillagászati ismeretek kifejlődésének a gyakorlat követelménye volt. A kibontakozó kereskedelemhez, az utazások alkalmával tájékozódni kellett a tengereken és a sivatagban. A helymeghatározás csillagászati alapokon nyugszik. A mezőgazdasági termelés pedig szükségessé tette a naptárkészítést. Jelen összefoglalónk első részében a mai világképünk kialakulásához vezető hosszú és rögös út néhány jellemző, érdekes részletének bemutatás, a mitikus elképzelések és a tudományos magyarázat keresésével együtt, tűzzük ki célul. Ez számunkra azért fontos, mivel egyes elemeivel a gyermeki elképzelések tanulmányozásakor is találkozhatunk.

A mai ember számára meglepő őseink azon elképzelése, hogy az égboltozat szilárd, melyhez világító testek vannak erősítve (csillagok). Azonban a mindennapos tapasztalat az volt, hogy a világ általuk ismert része sík, amely közepe felé fokozatosan emelkedik. Bárhol is tartózkodtak az emberek, a földfelszín lágyan ereszkedett lefelé, a látóhatár mögé. Ezért a régi elképzelésekben a Föld kidomborodó korong, vagy hegy alakú volt. A józan ész azt sugallta, hogy az emberek a világ közepén, annak legmagasabban fekvő részén élnek, és ez mindenkinek így tűnt, bárhol is tartózkodott. A világ tehát nem terjedhet minden irányban a végtelenségig, az ismeretlen földeknek valahol véget kell érni. Ezért a népek nagy részénél megszületett a szárazföld partjait mosó Világ-óceán fogalma.

A mindennapi tapasztalatok és megfigyelések sugallták a Föld mozdulatlanságát is. A szilárd égboltra annak magyarázatára volt szükség, hogy honnan kerülhet a földre az égből az eső, a hó, a jégszemek. A meteoritok is kiváló bizonyítékként szolgáltak az égi szilárd mennyboltról alkotott elképzeléseknek. (Simonyi 1977)

A *babilóniaiak* azt hitték, hogy az ég egy négyszögletes sátor, melynek a föld felé néző alsó részén függnek a lámpások (csillagok). Csak a kerék feltalálása után változott képzeletükben az ég tengelye körül lassan forgó kerek boltozattá. A művelt papok csillagászati feljegyzései kr.e. több mint 3000 évre nyúlnak vissza. Jól ismerték a Nap és a Hold járását, a hónap hosszát, és felfedezték a napfogyatkozások bekövetkezésében rejlő időbeli szabályosságot. A nap 24-es, az óra 60-as beosztása tőlük származik.

Az ókori *egyiptomiak* elképzelése szerint az ég egy dombok közt elterülő lapos síkság, melyen át a mennyei Nílus folyik keresztül. Ra napisten naponta utazik át bárkájával az égen, hasonlóan ahhoz, ahogy az egyiptomi emberek utaznak a Níluson. A papok csillagászati ismeretei nem voltak annyira átfogóak, de a naptárkészítésben mesterek voltak. A Nílus áradását előre tudták, ami sorsdöntő volt számukra. Az égtájakat igen pontosan meg tudták határozni, a piramisok ívperc pontosságú tájolása ma is figyelemreméltó teljesítmény.

A *kínaiak* szintén ismerték ebben az időben a Nap és a Hold járását, és előre ki tudták számítani a nap- és holdfogyatkozások időpontját. Az kr.e.2. században már a Földet gömbölyűnek, a Világmindenséget pedig végtelennek tekintette Csang Heng nevű filozófusuk.

Közép-Amerika ősi indián népei is birtokolták a naptárkészítéssel kapcsolatos ismereteket.

Fejlett volt a csillagászat az ókori Nyugat-Európában is, gondoljunk a ma is sok tudóst foglalkoztató "*Stonehenge*" nevű kör alakú, kőből készült oszlopsorra, melyet kr.e.2000 körül építettek.

Az ókori csillagászat tetőpontját *Görögországban* érte el. A számoszi *Arisztarkhosz* (kr.e.320-250) meghatározta a Hold-Nap viszonylagos távolságot, kimutatta, hogy a Hold nem sokkal kisebb a Földnél, a Nap ellenben jóval nagyobb. Így arra a következtetésre jutott, hogy a Földnek kell a Nap körül keringenie. Ezt az elképzelést elevenítette fel másfél évezreddel később *Kopernikusz*. *Eratosztenész* (kr.e.276-194) meghatározta a Föld méreteit. Megfigyelte, hogy a nyári napforduló napján Szüéné (a mai Asszuán) városában, amikor a Nap zeniten áll, megvilágítja a legmélyebb kút fenekét. Ugyanezen a napon Alexandriában viszont nem ez a helyzet. Megmérvén itt a napfény beesési szögét, a két város közötti távolság ismeretében kiszámítható a földgömb egyenlítőjének a hossza. Számításainak eredménye nem sokban tér el a napjainkban meghatározott értéktől. *Hipparkhosz* (kr.e.190-125) pontos csillagkatalógust készített, amelyben több mint ezer csillag helyzetét adta meg. Ő osztályozta először a csillagokat fényességük szerint.

A mai ismereteinkkel inkább megegyező megközelítésmóddal párhuzamosan az ógörög filozófiában megszületett egy olyan elképzelés, amely élesen szembeállította egymással az égi és a földi világot. *Platón* tanítása szerint az összes égitest a kristályszférákhoz van rögzítve, amelyek mozgása egyenletes és tökéletes. Ezen az egyenletes körmozgást értette. Tanítása szerint minden égi dolog örök és változatlan. Ezt az elképzelést tette magáévá *Arisztotelész* is.

Arisztarkhosz heliocentrikus elméletéhez képest visszalépés volt *Ptolemaiosz* geocentrikus világképe, melyet a kr.e. II. században alkotott meg. Ebben magyarázatot próbált adni a Naprendszer akkor ismert bolygóinak, a Vénusznak, a Marsnak, a Jupiternek és a Szaturnusznak az égboltozaton végzett látszó mozgására. Elképzelése *Platón* és *Arisztotelész* nyomdokain halad. Szerinte a Világegyetem középpontjában a mozdulatlan Föld áll, amely körül az összes többi égitest mozog. Elképzelése szerint minden bolygóhoz, a Naphoz és a Holdhoz egy földközéppontú, átlátszó kristálygömb (szféra) tartozik. A csillagok a legkülső szférán helyezkednek el. Bonyolult segédpályák alkalmazásával ez a modell elég jól előre tudta jelezni a bolygók helyét.

A *rómaiak* a csillagászat tudományát lényegében nem gazdagították. A görög csillagászat eredményeinek fennmaradása az *araboknak* köszönhető. Az arabok a ptolemaioszi világképet fogadták el, és azt fejlesztették tovább.

Az ókori csillagászat tehát igen magas színvonalat ért el. Sok csillagképet ismertek, ki tudták számítani, különböző modellek alapján előre jelezni a Hold, a Nap, a bolygók, a legnagyobb csillagok felkelésének és lenyugvásának idejét, meg tudták előre határozni a nap- és holdfogyatkozásokat. Viszont semmit nem tudtak (nem is tudhattak) a Föld, és a többi égitest mibenlétéről, és azoknak az Univerzumban elfoglalt helyzetéről. A Világegyetem kicsi és szűk volt mai elképzeléseinkkel összevetve. Úgy is lehet mondani, hogy az égbolt kinematikáját egészen jól leírták a modellek, de a dinamikai vonatkozásokról nem tudtak számot adni.

A középkori Európában a csillagászat szinte semmit sem fejlődött. A Föld gömb alakjának létét is többször kétségbe vonták. A 15. század végéig kellett arra várni, míg valaki (Kolumbusz) magáévá téve ezt az elképzelést, el mert indulni nyugat felé hajóval az Atlanti óceánon, hogy megkeresse Indiát.

Európában a keresztény egyház a ptolemaioszi világképet dogmaként fogadta el. Az ennek alapján kidolgozott bolygótáblázatok adatai azonban egyre pontatlanabbaknak

bizonyultak. A heliocentrikus világkép ismételt előtérbe kerüléséért komoly harcot kellett vívni az *újkor* hajnalán, inkvizíciós periratok is megőrizték az utókor számára az események leírását. Az elmélet legfontosabb képviselői: *Kopernikusz, Giordano Bruno, Tycho Brahe, Galileo Galilei, Johannes Kepler*.

Galilei a sok-sok jelenségben mindenütt megkereste és nem egy esetben sikeresen meg is találta, és ki tudta választani azt, amit felhasznált az elmélet igazolására. Az ég felé fordított távcsövével azért találhatott nyomban annyi kitűnő érvet a kopernikuszi világrend mellett, mert akkor már régen töprengett annak fizikai felépítéséről. De ehhez előbb meg kellett fogalmaznia a kor fizikai tudásának szintjén a geocentrikus világképet, melynek sokáig ő maga is híve volt. (Vekerdi 1997)

A Vénusz fázisváltozásait például előrejelzi a ptolemaioszi rendszer is, de nem olyanokat, mint amilyeneket megfigyeltek. A megfigyeltek viszont nem csak a kopernikuszi rendszerrel magyarázhatóak, hanem a *Tycho Brahe* által felállított modellel is. Ebben a Nap a Föld körül kering, de az összes többi bolygó viszont a Nap körül. Érdekes megemlíteni, hogy ő nem is gondolt a Vénusz fázisváltozásaira, mivel kivételes fényessége miatt sajátfényűnek hitte.

Az arisztotelészi tanok buzgó hívei közül nem egy egyszerűen nem is akart olyan tapasztalatokat szerezni, amelyek ellentmondhatnak annak. Akadt, aki még belepillantani sem tartotta érdemesnek Galilei távcsövébe, hiszen amit az égen látni lehet, az úgyis olvasható Arisztotelésznél. Amiről viszont nem ír, az nem is létezik. De így vannak ezzel mások is. Ha beleillett az új felfedezés a világmindenségről alkotott elképzeléseikbe, akkor elfogadták, de ha nem, akkor többnyire nem is látták azt.

Kepler munkássága döntő fordulatot jelentett a bolygómozgás tanulmányozásában. Ezt részletesebben fogjuk elemezni a tudományfilozófiai részeknél, így erre csak utalunk. A Newton törvények és a gravitációs törvény felfedezése után vált nyilvánvalóvá, hogy nincs külön égi és földi fizika. A Newtoni mechanika egyik nagy győzelme az volt, amikor az Uránusz bolygó mozgásának rendellenességéből arra következtettek, hogy azt egy másik bolygó okozza. A számítások alapján meg is találták az új bolygót, amely a Neptunus.

A XVIII. században felvetődött egy érdekes kérdés, miszerint *nem alkotnak-e rendszert a csillagok is a Naprendszer mintájára?* A kérdés első rendszeres vizsgálatát *William Herschel* (1738-1822) angol csillagász tette meg. Az éggömb különböző területein megszámlálta a távcsövének látómezejében észlelhető csillagokat. Az eredmény a következő volt: az égbolton felvázolható egy nagy kör, amely két egyenlő részre osztja azt, és bármely irányból közeledünk hozzá, a csillagok száma növekszik, és ezen a körön éri el a maximumot. E kör mentén húzódik a Tejút, ami a Naprendszerhez viszonylag közeli csillagok fénye által alkotott halványan fénylő sáv. A jelenség kézenfekvő magyarázata az, hogy a megfigyelhető csillagok az előzetes várakozásnak megfelelően egy óriási csillagrendszert alkotnak. Így sikerült megállapítani, hogy a Naprendszer egy galaxisnak, a Tejútrendszernek a tagja.

A XIX. században sikerült trigonometrikus módszerrel megmérni a közelebbi csillagok távolságát, majd századunk elején ehhez új módszerek csatlakoztak. A színképelemzés alkalmazása a csillagászatban új lendületet hozott. Tanulmányozni lehetett vele a csillagok légkörét, azok elemi összetételét. Ez tette lehetővé, hogy összefüggést állapíthattak meg a csillagok felületi hőmérséklete és fényessége közt,

amellyel bebizonyították, hogy a csillagok világában is általános törvényszerűségek érvényesek.

Érdekes, hogy a XX. század előtt senki nem gondolt ki olyan modellt, amely felvetette volna a világegyetem összehúzódásának vagy tágulásának a lehetőségét. Általánosan elfogadott nézet volt, hogy az Univerzum változatlan állapotban létezett mindig, vagy valamilyen véges idővel ezelőtt teremtődött, de akkor is már többé-kevésbé olyannak, amilyennek ma látjuk. Pedig többen felismerték, hogy *Newton* gravitációs elmélete szerint sem lehet a világegyetem statikus, mégsem gondoltak arra, hogy akár tágulhat is. Inkább, a tudományos elméletek esetében jellemző módon, segédfeltevéssel próbálkoztak, mégpedig ebben az esetben úgy, hogy feltételezték, hogy igen nagy távolságok esetében a gravitációs erő taszítóerő lehet. Például a közeli csillagok esetében a köztük lévő vonzóerőt a távoliak taszító ereje egyenlíti ki. Ez a modell is csak instabilis egyensúlyt tudna biztosítani, mivel ha a csillagok picit eltávolodnak egymástól, akkor a taszítás válna meghatározóvá, és ettől egyre messzebb kerülnének, míg ha közelednek, akkor a vonzás kerekedne felül, ebben az esetben viszont egymásba zuhannak. Vagyis Newton törvényének ismerete óta megalkothatták volna a táguló világegyetem képét. Sőt, még maga *Albert Einstein* (1879-1955) is több kibúvót keresett a saját maga által felállított általános relativitáselméletnek a nem-statikus világegyetemre vonatkozó megoldási lehetőségei, előrejelzései alól. Ez ma is komoly kutatási téma.

Végül 1922-ben az orosz *Alexander Friedmann* (1888-1925) volt az, aki képes volt elszakadni a statikus világegyetem képétől. Két egyszerű feltételezéssel élt csupán modellje megalkotásakor:

1. A Világegyetemet minden irányban egyformának látjuk.
2. Ugyanaz lenne a helyzet, ha bármely más helyről figyelnénk az univerzumot, természetesen kellően nagy léptékben vizsgálva.

Modellje évekkel hamarább megjósolta *Hubble* 1929-es felfedezését, miszerint minél messzebb van egy galaxis, annál gyorsabban távolodik.

George Gamow (1904-1968), *Friedmann* tanítványa dolgozta ki 1948-ban a korai forró univerzum modelljét, amelynek egyik bizonyítéka kell legyen egy minden irányból érkező, valószínűleg a rádió tartományban észlelhető háttérsugárzás. Ezt 1965-ben *Penzias* és *Wilson* véletlenül fel is fedezték.

A magfizikai felismerések is gazdagították a csillagokról, azok belső működéséről alkotott képet, miszerint a kémiai elemek a csillagok belsejében keletkeznek. Ez szolgáltatja energiatermelésüket.

A Föld gömb alakjának magyarázatához a gravitáció felismerése segített hozzá. A gravitációs vonzás kis mértékű változásának mérési lehetőségét kidolgozó fizikus, *Eötvös Loránd* felfedezése az ásványkincsek felkutatásában jelentett fontos előrelépést. A kőzetek mágnességének tanulmányozása a kontinensvándorlás felfedezését segítette elő. A Föld korának meghatározását a radioaktivitás jelensége tette lehetővé. A radioaktivitás során keletkező energia képes a Föld arculatának alakítására napjainkban is (Müller 1979).

Csillagászattörténeti összefoglalónk lezárásaként, mintegy átfogó magyarázatként álljon itt egy idézet napjaink egyik leghíresebb fizikusától, *S.W. Hawking*-tól:

Ptolemaiosz és követői geocentrikus világképétől kiindulva, Kopernikusz és Galilei heliocentrikus kozmológiáján át jutunk el a modern képig. A Föld immár úgy jelenik meg, mint egy átlagos csillag körül keringő közepes méretű bolygó, valahol egy közönséges spirál-galaxis külterületén. Ez a galaxis maga is csak egyike a megfigyelhető milliárdnyi galaxisnak. (Howking 1988)

3.6.2. Kapcsolódási lehetőségek

A földrajz tanítása során nagyon sok jelenséget csak a tanulók fizikai ismereteivel lehet megmagyarázni. Általánosságban elmondható, hogy ezek a magyarázatok általában követik a jelenség megismerését, mivel azt a földrajz jóval előbb tanítja, ezért a fizika órákon ezekre vissza kell utalni, magyarázattal ellátni. A teljesség igénye nélkül a következő témaköröket lehet érinteni:

- A földfelszín alakulásában működő erők, árapály (gravitáció),
- A kontinensek úszása (úszás, sűrűség),
- Szélrendszerek a forgó Földön
- Az időjárás elemei, az éghajlat (halmazállapot-változások, fajhő, felhajtóerő),
- Földrengések (hullámtan)
- Az égitestek mozgása (gravitáció, sebesség)
- Villámlás, a Föld mágnessége (elektromosságtan)
- Különböző létesítmények, mint erőművek telepítési feltételei
- Energiahordozók
- A csillagok keletkezése, fejlődése a Föld keletkezése, alakja, fő mozgásai, mesterséges égitestek, űrkutatás
- Az ásványok és kőzetek keletkezése, az olvadás, a fagyás fogalmai
- A földtani szerkezet és az ásványkincsek előfordulása, mérési lehetőségek (*Eötvös Loránd*)

3.6.3. Néhány jellegzetes példa

A villámokról és a földi elektromosságról

Földünk radioaktív sugárzása és a kozmikus sugárzás következtében a légkörben pozitív és negatív ionok keletkeznek, melyek egyensúlyban vannak. Zavartalan légköri viszonyok esetében a pozitív ionok 60-70 km magasban vannak, míg a Föld felszíne negatív töltésű. A térerősség a talaj közelében 100-130 V/m. A magasan kiemelkedő tárgyak, pl. fák, épületek, azonban ezeket az ekvipotenciális felületeket erősen deformálják. Ezért a felfelé nyúló csúcsokon koronakisülések lépnek fel, melyeket Szent Elmo tüzének is neveznek.

Zivatarok alkalmával a térerősség 100 000 V/m-ig is nőhet. Ezt a töltések szétválása hozza létre a zivatarfelhőkben. A 20-40 m/s-os, heves felszálló széláramlatok nagy víztömeget porlasztanak szét pozitív és negatív ionokra. Ennek a szétválásnak a következtében a felső felhők pozitív, az alsók pedig negatív töltést nyernek, így $10^8 – 10^9$ V feszültség is kialakulhat, és a felhőkben 100 km hosszúságú villámok, kisülések keletkezhetnek. Igen magas épületek csúcsairól is indulhatnak ki villámok az alsó felhőrétegek felé. A villámlás időtartama rövid, mindössze 3-680 mikrosecundum. Az átlagos energia, amit a villám szállít 10 kWh körül van. Egy villámcsatornában – a kisülés által bejárt cikk-cakkos vonalon -5-6 kisülés megy végbe általában.

A heves kisülések hatására a nitrogénmolekulák hármas kötései is felbomlanak, így az oxigénnel reakcióba lépve nitrogénoxidok is keletkeznek, melyek aztán vízben oldódva, különböző nitrogénvegyületek formájában az esővízzel együtt kerülnek a földre. A magyarázat a kémiával való koordinációt is igényli.

A dörgés azért jön létre, mivel a villámcsatornában a levegő erősen felmelegszik. A dörgés egyre távolodó hangját az adja, hogy a hang többszörösen visszaverődik a felhőrétegeken.
Az épületeket villámhárítóval védik a villámcsapásoktól. Felfogó-berendezésből, az épületben haladó vezetékből és földelésből állnak. A vezetéknek olyannak kell lennie, hogy a villám áthaladásakor ne keletkezzen lényeges felmelegedés. Ezen kívül az épületben haladó vezeték Faraday-kalitkaként hat, belsejében nulla a térerősség. A felfogó-berendezés csúcsa lassú kisülés útján kiegyenlíti az erőteret, ezáltal a villámok számát is csökkenti.

A Föld mágneses tere és változásai

A Föld körül lévő mágneses tér mintegy „páncélövet” képez bolygónk körül. Ez tartja vissza a kozmikus sugárzás jelentős részét. A Föld körül lévő sugárzási övezeteket valójában nem túl nagy energiájú töltött részecskék csoportja alkotja, melyet bolygónk mágneses tere fogva tart, magasan a felszín felett. Ezek a töltött részecskék csak a pólusoknál tudnak behatolni az atmoszférába. A jelenséget sarki fényként ismerjük.

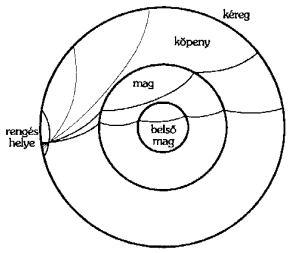
Régi vas-oxid tartalmú edények, cserepek kiégetésük után mágnesessé válnak a Föld mágneses terének hatására. Ilyen állapotban maradnak meg évezredeken keresztül, mintegy megőrizve a Föld akkori mágneses indukciójának nagyságát. A vizsgálatok szerint a Föld mágneses tere még az ókori görögök idejében is 1,5-szer erősebb volt, mint napjainkban. A vulkáni kőzetek megőrizték azon idők mágneses lenyomatát, amikor még nem élt ember a Földön és nem készített cserepeket. Ez lehetőséget ad arra, hogy még távolabbi múltba tekintsünk vissza.

Megállapították, hogy a mágneses pólusok bolygónkon vándorolnak. A Föld keletkezése óta több ezer km utat tettek meg. A különböző kontinensen dolgozó kutatók meghatározták a pólusok útvonalát. Az eredmények összehasonlításánál furcsa dolgot észleltek. Az amerikai, ausztrál és az európai kutatók által meghatározott ívek eltértek egymástól. Az ázsiai és az európai viszont azonos volt. Továbbá az ívek az időben visszafelé haladva mind jobban eltávolodtak. Egy közös pontjuk volt, a mai pólus. A magyarázat a következő: valamikor csak egy kontinens létezett, és ennek feldarabolódásából keletkezetek a mai kontinensek. Európa és Ázsia viszont együtt maradt, és ez adta a pólusvándorlás közös útvonalát.

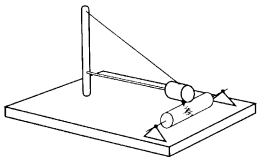
A tapasztalatok azt mutatják, hogy a Föld története során póluscserék is előfordultak. Az utolsó körülbelül félmillió évvel ezelőtt lehetett, az előzőek pedig 2,5 millió és 3,5 millió éve történhettek. A póluscsere időtartama közel tízezer év lehet.

Földrengések

A földrengések nagyon sok segítséget adnak a tudósok kezébe ahhoz, hogy a Föld belső szerkezetéről információt szerezzenek. Ennek oka az, hogy a kéreg valamelyik pontjából kiinduló rengéshullámok a Föld egy másik felületi pontjára a belső rétegeken keresztül jutnak el *(3.1. ábra)*.
A rengéshullámoknak két fő típusa van:
- P-hullámok, amelyek longitudinális hullámok, ezért szilárd és folyékony halmazállapotú közegben egyaránt terjednek.
- S-hullámok, amelyek transzverzális hullámok és ezért csak a szilárd halmazállapotú közegben terjednek, folyadékban nem.



3-1.ábra Rengéshullámok terjedése a Földben



3-2.ábra Rengéshullámokat érzékelő műszer (szeizmográf)

A rengéshullámokat egy nagyon érzékeny műszerrel az úgynevezett szeizmográffal regisztrálják *(3.2. ábra)*. Ennek segítségével megkülönböztethetők az S- és a P-típusú hullámok is. A szeizmográf lényegében egy vízszintes inga. A vízszintes rúd végére egy nagy tömeg van felerősítve, amely kis súrlódású felfüggesztésében könnyen elfordulhat a függőleges tengely körül. Ha a talajt, amelyre a műszert helyezték, a nehéz tömegen és a felfüggesztés tengelyén át fektetett síkra merőleges irányú rengéshullám éri, akkor a tömeg - nagy tehetetlensége miatt - nyugalomban marad. Az állványnak a nyugvó tömeghez viszonyított elmozdulását egy forgó dob regisztrálja. Két, egymásra merőlegesen elhelyezett ilyen műszer teljes információt adhat a vízszintes elmozdulásokról.
A geológusok arra következtetnek, hogy a Föld központi része folyékony halmazállapotú mag, mivel nem terjednek benne az S-hullámok. Ilyen módszerrel derítették ki azt, hogy Földünk úgynevezett öves szerkezetű bolygó.
Földünknek vannak olyan területei, ahol a kéreglemezek egymásnak ütköznek, s ahol különösen sok a földrengés. Ilyen terület Japán, San Francisco környéke, Mexikó, stb. Az emberek gondolatvilágában, az ott élő mítoszokban jelentős helyet foglal el ez a természeti jelenség.

Nehézségi gyorsulás a Földön

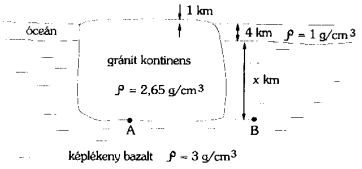
A nehézségi gyorsulásra jó közelítéssel azt mondhatjuk, hogy a megfigyelési hely aránylag kis környezetében állandónak tekinthető. Azért csak közelítéssel, mivel a különböző felszíni alakzatok, pl. hegyek, vagy a talajtól eltérő sűrűségű föld alatti rétegek gravitációs hatása miatt helyről helyre változik az érték. Ezeknek a változásoknak a mérése rendkívül fontos a Föld belsejének a megismerése és a különböző ásványkincsek felkutatása szempontjából. *Eötvös Loránd* érdeme az, hogy a nehézségi gyorsulás változásainak mérésére egy rendkívül érzékeny műszert szerkesztett és mérési eljárást dolgozott ki.

Arkhimédész törvényének néhány alkalmazása

Egyszerűsített modell szerint a földkéreg legnagyobb része 2,65 g/cm^3 sűrűségű gránitból, a mélyebb rétegek viszont 3,0 g/cm^3 sűrűségű bazaltból állnak. A kontinentális masszívumokat lehet úgy tekinteni, mintha egy könnyebb anyag (a gránit) úszna egy nagyobb sűrűségű plasztikus anyagon (a bazalton), hasonlóképpen ahhoz, mint ahogy a jéghegyek úsznak a vízen.
Becsüljük meg a kontinensek vastagságát! A kontinensek átlagos magassága a tenger felett 1 km, az óceánok mélysége pedig 4 km-nek vehető.
A *3.3. ábra* szerint az A pontot a szárazföld alatt, a B pontot pedig az óceán alatt azonos szinten választjuk meg. Ezért a nyomásnak e két pontban azonosnak kell lennie, mivel ha nem így lenne, akkor a képlékeny köpenyanyag a nagyobb nyomású helyről elfolyna az alacsonyabb nyomású hely felé, míg a nyomás ki nem egyenlítődik. A nyomások egyenlőségének felírásából:

$2{,}65x + 5 \cdot 2{,}65 = 3{,}00x + 4{,}00$, innen $x = 26$ km.

Vagyis a kontinenseket alkotó gránittábla $x + 5 = 31$km vastagságú, amely adat elég jól egyezik a szeizmografikus eredményekkel. (Radnóti 1993)



3-3. ábra A kontinenes "úszása" a bazalton

A keletkezése után, feltehetően a radioaktív bomlásból származó jelentős hőfelszabadulás következtében, megolvadt Föld sűrűség szerinti rétegződése, vagyis az öves szerkezet kialakulása szintén a felhajtóerővel magyarázható.
A felhajtóerő következtében száll fel a meleg levegő is, s ennek komoly szerepe van a különböző légköri frontok alakulásában. Ugyanis amikor állandó nyomáson melegszik a gáz, akkor kitágul (hőtágulás), sűrűsége csökken. A hideg levegővel körülvett meleg levegőre tehát hat egyszer a nehézségi erő, és ezzel ellentétes irányban a felhajtóerő, melyet a környező, nagyobb sűrűségű, hidegebb levegő gyakorol rá. A két erő eredője pedig felfelé mutat, vagyis a melegebb levegő felszáll. Ez a magyarázat földrajz órákon sosem hangzik el, tehát azt a fizika órákon kell megtenni! Modellünk azonban még így is nagyon leegyszerűsített. A meleg és a hideg levegő nem egymástól elkülönítetten „egy tömbben" cserél helyet egymással, hanem diffúzió révén is, vagyis a jelenség nehezen hasonlítható pl. egy fadarab víz mélyéről való felszállásához. Tanórán érdemes a gyerekeknek is felvetni a modell korlátozott voltát, és esetleg néhány érdeklődő tanulót arra kérni, hogy dolgozzanak ki ennél jobb modellt.
Maga a tény megtanulása egyáltalán nem okoz gondot azoknak a gyerekeknek, akik arisztotelészi világképpel rendelkeznek. E szerint ugyanis mindennek megvan a természetes helye, a nehéz testek lefelé esnek, ellenben a könnyűek felszállnak. Tehát látszólag problémamentesen beillesztik világképükbe. Azonban az iskola feladata az, hogy a jelenleg elfogadott tudományos világkép elemeit, azok magyarázóerejét kihasználva formálja a gyerekek gondolkodásmódját! Tehát jelen kérdést mindenképpen tisztázni kell a fizika órán!

3.7. Környezeti nevelés

Az iskolai környezeti nevelés jelentősége napjainkban világszerte elismertté vált. Hazánkban is az új oktatási törekvések egyik fontos elemét képezi, a környezeti nevelésnek kötelező jelleggel meg kell jelennie az iskolák helyi tanterveiben is. A környezeti nevelés lényegében tudományközi, s hatását a teljes iskolai tanterven keresztül fejti ki a többoldalú megközelítás lehetőségét kínálva.

Az ismeretek a környezettel kapcsolatos tudatos védő, óvó magatartás kialakításának alapjául szolgálnak. E nevelés tartalmának részeit képezhetik: az emberi tevékenység környezetre gyakorolt hatásai, a legfontosabb környezeti problémák (üvegházhatás, savas eső, ózon stb.), környezeti változások a múltban és a jelenben, a környezettel kapcsolatos törvénykezési kontroll, a környezeti problémák kapcsán keletkező konfliktusok. A gyerekek környezettel kapcsolatos tudását oly módon kell fejlesztenünk, hogy az alkalmas legyen kommunikációra, új ismeretek elsajátítására, problémák megoldására, az információs technika alkalmazására. A fejlesztés kiemelt része a pozitív attitűdök kialakítása a természet iránt. Ez a feladat a következő személyiségjegyek fejlesztését kívánja meg: a természet és más élőlények tisztelete, gondoskodás, törődés, mások nézeteinek, véleményének tiszteletben tartása, tolerancia, szellemi nyitottság, a bizonyítékok és a racionális érvelés iránti tisztelet, a felelősségvállalás mai tetteink jövőbeli következményeiért.

A környezeti nevelés minden tantárgy feladata. A következőkben a teljesség igénye nélkül ismertetjük azokat a főbb környezeti témákat, amelyek a fizika órákon is szóba kerülhetnek (Havas 1997).

A környezeti nevelés tematikai szempontból természetesen az emberiség globális problémáihoz kötődik elsősorban. Három fő problématerületet szokás elkülöníteni:

- A világ népességének növekedése
- A világméretű környezetszennyezés
- Az energia- és nyersanyagforrások kimerülése

A következő oldalakon vázlatosan áttekintjük azokat a vonatkozásokat, amelyek a fizikatanítás során előkerülhetnek, illetve egyes jelenségek esetében fizikai jellegű háttér-információval is szolgálunk.

Általánosságban elmondhatjuk, hogy minden esetben, amikor csak lehetséges, fel kell hívni a gyerekek figyelmét a különböző környezeti vonatkozásokra. Nagyon sok fizikai jelenség része átfogóbb környezeti folyamatoknak, a környezetünkben felmerülő problémák legtöbbjének megértésében és megoldásában is kiemelkedő szerepe lehet a fizikának. Erre tudatosan figyelnünk kell, de valószínű, hogy ebben a gyerekek is segítik a tanárt.

3.7.1. Világméretű környezeti gondok

Rendkívül komoly problémát jelent elsősorban a magas technológiai fejlettségű társadalmakban keletkező nagy mennyiségű hulladék és annak biztonságos elhelyezése. Mind az ipari, mind a háztartási hulladék elhelyezéséről gondoskodni kell. A különböző, elsősorban a kényelmünket biztosító termékek előállítása közben nem egyszer olyan anyagok kerülnek ki a környezetbe, melyek ott nem tudnak lebomlani. Szennyeződhet a víz, a talaj, a levegő. A továbbiakban tekintsük át a következő fontosabb környezeti gondjainkat: globális felmelegedés, az ózonréteg elvékonyodása, az energia- és nyersanyagforrások kimerülése. Ez természetesen egyáltalán nem a környezeti problémák felsorolása, csak azokat a témákat tárgyaljuk (s azok közül sem mindet), amelyekben a fizikának jelentősebb mondanivalója van.

A világ népességének növekedése

A fizikában a nagy szabadsági fokú, vagy sokrészecske rendszerek leírására kidolgozott módszereket több tudományágban is alkalmazzák napjainkban. A kémiai és biológiai rendszerek leírása során talán természetes is az ilyen fizikai ismeretek alkalmazása, de napjainkban már a gazdasági, politikai, társadalmi folyamatok tudományos vizsgálatában is egyre többször használják a nagyszabadsági fokú rendszerek elemzése során kialakított fizikai eljárásokat és gondolkodásmódot.

Az emberiség korunkban tudatosítja magában végérvényesen az élettér, esetünkben a Föld bolygó, véges voltát. Az eddigi, közel exponenciális népességnövekedés ütemének folytatódása beláthatatlan következményekkel, katasztrófával járna. Rendkívül komoly gondokat jelent már napjainkban is a népesség élelmezése. Ez nem elsősorban Európát, hanem az ázsiai, afrikai és dél-amerikai országokat érinti közvetlenül. Ezekben a régiókban új szemléletmódot, új családmodellt kell kialakítani, amelyben nem a sok gyermek születése az érték (Gore 1993).

A statisztikák szerint viszont Európa (különösen Magyarország) népessége viszont fogy, így aggályos, hogy mi lesz Európával.

A témával valószínűleg sokat foglalkoznak a gyerekek földrajz, illetve biológia órákon, így a fizika tanár számára háttérismeretként szükséges. Közvetlenül, tananyagként a fizika órákon nem kell szerepelnie – hacsak a fizikatanár külön nem vállalja e téma saját óráin való tanítását - , de más, a fizikatanítás szempontjából is fontos környezeti témák esetén részismeretként még gyakran előfordulhat.

Globális felmelegedés

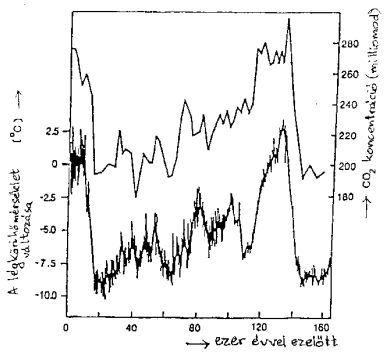
A földi élet számára minden idők egyik legsúlyosabb fenyegetése a globális melegedés. Ennek megértéséhez tekintsünk vissza a távoli múltba, és kalandozzunk el a Naprendszer más bolygóira is! (Marx 1993)
A Naptól távolabb keringő bolygók (Jupiter, Szaturnusz, Uránusz, Neptunusz) az Univerzumban leggyakoribb könnyű elemekből alakultak ki, ma is H_2 , He, CH_4 tartalmú gázbolygók. Születésekor a Föld légköre is ezeket az összetevőket tartalmazta. Az abban az időben jóval erősebb radioaktivitás megolvasztotta a fiatal Földet, kialakult az öves szerkezet, miközben a könnyű molekulákat tartalmazó légkör megszökött. A Föld másodlagos légkörét a vulkanizmus hozta a felszínre. A vízből keletkezett az óceán, CO_2 atmoszféra alakult ki. A Marson és a Vénuszon ma is ilyen a légkör. A Mars esetében a gáz jelentős része megkötődött $CaCO_3$ formájában (miként az a Földön is megfigyelhető napjainkban), de a Vénuszon nem. A földi légkör további alakulásában már az élő rendszerek létrejötte és azok folyamatai is szerepet játszottak. Kialakult a mai összetételű, úgynevezett harmadlagos légkör.
Egy a Nap körül keringő, forgó bolygó felszíne addig melegedhet, amíg annak hőkisugárzása el nem éri a napfényből elnyelt energiát. Ezt az összefüggést, tehát az egyensúlyi állapotot jellemző paraméterek egymáshoz való viszonyát a következő egyenlettel írhatjuk le:

$$(1-\alpha)\pi R^2 I = 4\pi R^2 \sigma T_0^4 ,$$

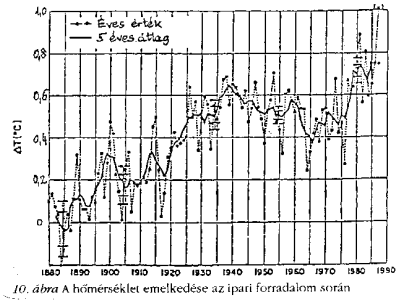
ahol az egységnyi felületre jutó napfény átlagos intenzitása I = 1,4 kW/m^2 napjainkban a Föld esetében, R a bolygó sugara, σ = 5,67·10^{-8} watt/m^{2}K a Stefan-Boltzmann-állandó, α a felszín visszaverőképessége (albedója), mely körülbelül 30%, T_0 az átlaghőmérséklet.
Összefüggésünkből kiszámolva a jelenlegi Föld hőmérsékletét, arra –18°C adódik. A Vénusz esetében I = 2,9 kW/m^2 értéket beírva +22°C –ot kapunk eredményül. A tapasztalat pedig nem ez! Tudjuk, hogy Földünk átlaghőmérséklete körülbelül +16°C, a Vénuszé pedig maga a „pokol”, +460°C.
Hol hibáztunk, mely lényeges tényezőt nem vettük figyelembe modellünk megalkotásakor?
Valószínűleg a légkör összetétele is jelentősen befolyásolja a folyamatokat. A Vénusz esetében a szén-dioxid atmoszféra mindössze 4%-ot enged át az infravörös tartományban. Ezt beírva összefüggésünkbe, kiadódik a 460°C. A Föld esetében nagyobb az infravörös tartományban az átbocsátás, körülbelül 60%, melynek figyelembe vételével a tapasztalattal egyező eredményre jutunk. A közös komponens a két bolygó esetében a szén-dioxid. A jelenség neve üvegházhatás. Magyarázata röviden a következő.
A molekulák nem tekinthetők merev rudaknak. Az atomokat összekötő kötések inkább hasonlíthatók kis rugókhoz, amelyek rezegve változtatják hosszukat. Ezek az úgynevezett rezgési átmeneteket jellemző energiák szintén kvantumosak, az elnyelt vagy kibocsátott fotonok energiái jellemzőek egy adott molekulára. A körülbelül 300 K-os talajnak a Stefan-Boltzmann törvény által meghatározott hőmérsékleti kisugárzásában a legnagyobb intenzitás a 2·10^{13} 1/s frekvencia körül van, ez az érték éppen megegyezik a szén-dioxid molekula rezgési frekvenciájával. A sugárzás a molekulákat rezgési gerjesztett állapotba viszi. Az alapállapotba való visszatéréskor egy részük a felszín felé sugározza ki az infravörös fotonokat. Még csekély mennyiségű szén-dioxid is elég ahhoz, hogy visszatartsa a talaj által kisugárzott energia jelentős részét *(3.4. ábra)*. Ezért annyira veszélyes növelni a földi légkör szén-dioxid koncentrációját.

3-4. ábra A Földről kisugárzott sugárzás spektruma

Az Antarktisz jégtakarójából különböző mélységekből vett minták segítségével meghatározható az elmúlt több százezer évben a hőmérséklet és a szén-dioxid koncentráció változása *(3.5. ábra)*. E két adat között igen szoros a korreláció. *(3.6. ábra)*



3-5. ábra A légkör CO_2 tartalma és hőmérséklete a múltban az antarktiszi jégminták szerint



10. ábra A hőmérséklet emelkedése az ipari forradalom során

3-6.ábra A hőmérséklet emelkedése az ipari forradalom eredményeképp

A számítógépes modellek szerint a légkör szén-dioxid koncentrációjának megduplázódása 1°C-os fölmelegedést okozna az Egyenlítő környékén és 10°C- os melegedést a Sarkkörön. Átlagosan 3°C lenne a melegedés a Földön.
A hőmérőben is emelkedik a folyadékszint, ha emelkedik a hőmérséklete. A víz relatív hőtágulási együtthatója ($2 \cdot 10^{-4}$ 1/K) három nagyságrenddel nagyobb a szilárd halmazállapotú sziklákénál ($5 \cdot 10^{-7}$ 1/K). Ebből adódóan emelkedik a melegedő óceán vízszintje. 5 km-es átlagos óceánmélység esetében 1°C-os hőmérsékletnövekedés 1 m szintemelkedést eredményez.
Nem csak a szén-dioxid molekulának vannak természetesen rezgési átmenetei. A fontosabb üvegház-molekulák, melyek közül nem egynek egyéb környezetkárosító hatása is van, a következők:
H_2O (vízgőz), amely a tengerek párolgásából ered.
CO_2 (szén-dioxid), (0.4%-kal nő évente), amely többféle forrásból kerül a levegőbe. Ezek a források a következők: a földi vulkáni tevékenység, a biomassza levegőn való bomlása, és amivel az emberiség nagymértékben járul hozzá a növekedéshez, a fosszilis tüzelőanyagok (kőszén, kőolaj, földgáz) elégetése. Az üvegház-melegedés 66%-a ennek a gáznak tulajdonítható. A szén-dioxidot azonban a fotoszintetizáló szervezetek elnyelik, ami a növények fontosságára irányítja figyelmünket.
CH_4 (metán), a biomassza levegőtől elzárt bomlásának terméke. Fő forrásai a tehén- és birkatrágya, továbbá az elárasztott rizsföldek. Az évi növekmény napjainkban 1% körül van. Az üvegház-melegedés 20%-ban írható a számlájára.
N_2O (kéjgáz), a levegő összetevőiből keletkezik. A N_2 és O_2 molekulák ugyanis magas hőmérsékleten reakcióba lépnek egymással, felszakadnak a nitrogénmolekula hármas kötései. Ez autómotorokban és gázturbinákban következik be, továbbá természetes úton a villámlások alkalmával. A városi légszennyezettség egyik fő okozója, koncentrációja az autók számával arányosan növekszik. Jelenleg az üvegház-hatás 3%-áért felelős.
O_3 (ózon), szintén a magas hőmérsékleten üzemelő motorokban keletkezik a levegő oxigénjéből. Energia-felszabadulás közben könnyen visszaalakul kétatomos oxigénmolekulává. Az alsólégköri (troposzférikus) ózon maró hatású,

légszennyező gáz, amely a tüdőt ingerli, mert az átalakulási folyamat során egyatomos, rendkívül reakcióképes oxigén keletkezik. Jelenleg az üvegházhatás 8%-át okozza, de mennyisége évenként 1%-kal emelkedik. A sztratoszférában az ózon a Nap nagy energiájú (ultraibolya) sugarainak hatására keletkezik, koncentrációja 20 km-es magasságban a legnagyobb. Az oxigén, az ózon keletkezése közben és a keletkezett ózon is együttesen elnyelik azt a nagy energiájú sugárzást, amely egyébként biológiailag káros hatást fejt ki. Ez tette lehetővé az élet fennmaradását a Földön. Vagyis az az érdekes eset állt elő, hogy ugyanazon anyag az alsó légrétegekben káros szennyeződés, viszont a magas légrétegekben redkívül fontos a jelenléte.
CF_2Cl_2 (freon, bár más hasonló szerkezetű vegyületeket is sokszor ezzel a névvel illetnek), természetes forrása nincs, a spray-flakonokból, hűtőgépek és légkondicionálók hűtővezetékeiből kiszabadulva kerül a légkör felső részébe. Évente 5%-kal nő a mennyisége, jelenleg az üvegházhatás 3%-át okozza.
1992-ben Rio De Janeiróban a Föld országai klímakonferenciát hívtak össze, s elfogadták azt az ajánlást, hogy a széndioxid-kibocsátást 2000-re stabilizálják az 1990-es szinten. A második Klíma Világkonferencia Kyotóban volt 1997 decemberében, ahol szintén születtek felajánlások a széndioxid kibocsátás csökkentésére, természetesen hazánk részéről is.

3.7.2. Az ózon

A Nap a teljes elektromágneses spektrumban sugároz. A rövidebb hullámhosszú tartományban is, és a hosszabb hullámhosszakon is. Ez utóbbi különösebben nem veszélyes számunkra, de a rövidebb hullámhosszú ultraibolya sugárzás egy része viszont igen. Biológiai hatás szempontjából az UV tartományt három részre szokás osztani.

1-1.táblázat

Elnevezés	UV-C	UV-B	UV-A
Hullámhossz (nm)	200-280	280-320	320-400

A Napból a Földre érkező elektromágneses sugárzás energiájának körülbelül 7%-a esik az UV tartományba. A földfelszínt csak a 300-400 nm-es tartományba eső sugárzás éri el. A napfénynek az ennél rövidebb hullámhosszúságú részét a sztratoszféra ózonpajzsa 10-30 km-es magasságban kiszűri. A bioszférára ható sugárzás emiatt már nem tartalmazza a rövid hullámhosszúságú, vagyis a nagyobb fotonenergiával rendelkező UV tartományt. Az élő szervezeteknek e kiszűrt spektrumrészhez az evolúció során már nem kellett alkalmazkodniuk. Az ózonréteg sérülésével viszont már számolni kell e sugárzás hatásával is.
Az oxigén a fotoszintézis melléktermékeként úgy 2 milliárd évvel ezelőtt jelent meg. Addig élet csak a tengerben létezett a felszíntől néhány méteres mélységben, a víz biztosította a szerves molekulák UV védelmét. Amikor viszont megjelent az oxigén, akkor az UV-C sugárzás hatására kialakult az ózonréteg, amely már elnyeli az élő szöveteket károsító UV-B sugárzást. Ez tette lehetővé, hogy az élet megjelenhessen a szárazföldön is.
Miért az ózon és nem a kétatomos oxigén véd meg minket az UV-B sugárzástól?
A magyarázathoz atomfizikai ismeretek szükségesek. Az O_3 molekula alakja nem szabályos háromszög, vegyértékszöge nem 60°, hanem 117°. Az atomok között kialakuló két egyszeres kötés esetében elvégezhető a lokalizáció, de a fennmaradó 4 elektron a molekula teljes hosszára delokalizált π-állapotokba kerül. Ezek az elektronok ezért kisebb energiával gerjeszthetők, mint az O_2 és a N_2 molekulák rövid molekulapályába zárt elektronjai. Ez az energia éppen az UV-B sugárzásban lévő fotonok energiájának felel meg. Emiatt nem érkezik le az UV-B sugárzás a Föld felszínére.
Modellszámítást is végezhetünk.

Az ózonmolekulát modellező a hosszúságú húron kialakuló elektronállóhullámok hullámhossza $\lambda = \frac{2a}{k+1}$ lehet, e hullámok mozgási energiáját az $E = \frac{h^2}{8ma^2}(k+1)^2$ összefüggéssel írhatjuk le. Két szomszédos állóhullám-állapot energiakülönbsége $\Delta E = E_{k+1} - E_K = \frac{h^2}{8ma^2}(2k+3)$. A gerjesztéshez szükséges foton hullámhossza $\lambda = \frac{8ma^2c}{h}\frac{1}{(2k+3)}$. Mivel 4 elektron, vagyis 2 pár elektron delokalizálódik, ezért a Pauli-elv miatt 2 elektron a k = 0, és két elektron a k = 1 kvantumszámokkal jellemezhető állapotban van. Ez az alapállapot. Az O_2 molekula mérete

300 pm-rel, az O_3 molekula mérete 700 pm-rel közelíthető. A gerjesztéshez szükséges foton hullámhosszát a $k = 1$ kvantumszámú állapotban lévő elektronra kiszámolva az O_2 molekula 60 nm-es hullámhosszúságú, míg az O_3 molekula 320 nm-es hullámhosszúságú fotonnal gerjeszthető. Ez utóbbi körülbelül az UV-B hullámhossztartományban van.
Milyen károsodásokat okoznak a rövid hullámhosszúságú, vagyis nagy energiájú UV fotonok az élő szervezetben?
A molekulákban a kötő állapotban lévő elektronok nagyobb térrészt foglalnak el, hullámhosszuk nagyobb, mint az atomban. Ezért már alacsonyabb energiával gerjeszthetők. Összehasonlításként a H atom 1,6 aJ energiával gerjeszthető, amely 128 nm-es hullámhosszúságú foton energiájának felel meg. Ionizációs energiája 2,2 aJ, ami 100 nm-nél kisebb hullámhossznak felel meg. A molekulák kötéseinek megbontásához viszont már 0,6 aJ energia is elegendő, vagyis a kemény UV sugárzás szétroncsolja az élet számára fontos szerves molekulákat.
Azok a kémiai változások járnak a legdrámaibb eredménnyel, amelyek a sejtek örökítőanyagát, a DNS-t érintik. A nagyenergiájú fotonok nemcsak kötéseket képesek megszüntetni, hanem előidézhetik újak kialakulását is. Így létrejöhetnek a láncon belül és a láncok között a timinekből timin-dimerek, amelyek normál körülmények közt nem léteznek a DNS-ben. Ez természetesen zavart okoz a sejtosztódás során, vagyis hibás sejtek sora keletkezhet. Ez azért is veszélyes, mivel nem csak az eredeti sejt nem tudja az adott DNS szakasz által kódolt fehérjét többé előállítani, de az utódsejtek sem. Ez ad lehetőséget az UV sugárzás károsító hatásának vizsgálatára, amelynek célja az egészségi kockázat becslése és annak előrejelzése. A tömegtájékoztató eszközök, TV, Rádió, újságok közlik velünk az UV sugárzás szintjét és annak veszélyességi fokát a nyári hónapokban, hiszen lényeges tudnunk, hogy mennyi időt tölthetünk a napon.
Az előrejelzéshez bakteriofágokat használnak. Ezek olyan vírusok, amelyek baktériumba jutva fejtik ki hatásukat, életjelenséget csak a baktériumban mutatnak. A leggyakrabban használt bakteriofág a T7 fág. DNS molekulája 80 000 bázist tartalmaz. Az UV sugárzás hatására a keletkezett dimérek annak a génnek funkcióját lehetetlenné teszik, amelynek a kódolásában a találatot szenvedett bázis részt vesz. Jól megválasztott fág esetében egyetlen UV foton a fág pusztulását okozza. Mivel életjelenséget csak saját gazdabaktériumában fejt ki, életképessége így ellenőrizhető. A vizsgálat során a fágokat kiteszik meghatározott időre a napra, majd megvizsgálják, hogy közülük mennyi marad életképes. Ebből lehet következtetni az UV sugárzás erősségére.
Az ózon a sztratoszférában keletkezik, elsősorban a tropikus övben, majd onnan áramlik szét a Föld teljes felszíne fölé. Koncentrációja 20 km-es magasságban a legnagyobb. Mennyiségét a napfény abszorbciós spektrumából határozzák meg Dobson egységben. Az 1 Dobson 10^5 Pa nyomáson 0,01 mm vastag ózon-rétegnek felel meg. A légkör átlagos ózontartalma körülbelül 300 Dobson egység. Ózonlyuk, szó szerint értelmezve nem létezik, hanem a Föld egyes területei fölött kialakuló vékonyodásról van szó. Az 1990-es években az Antarktiszon 200 Dobson körüli értékeket mértek.
Miért van veszélyben az "ózonpajzs"?
Az ózon bomlását, a kialakult stacionárius állapot megbomlását a freonok okozzák. Ezek olyan molekulák, amelyek szerkezetüket tekintve hasonlóak a telített szénhidrogénekhez, de a hidrogén atomok helyett halogénatomok vannak, klór, illetve fluor. Ezek rendkívül stabil molekulák a Föld felszínén. Spray-dobozok hajtógázaként, hűtőgépek légkondicionálók munkaközegeként, teflonbevonatok fő alkotórészeként alkalmazzák. Természetes forrásuk nincs. A légkörbe kikerülve, majd felkerülve a sztratoszférába a Nap UV sugárzása megbontja az egyébként erős kémiai kötéseiket, aminek hatására rendkívül reakcióképessé válnak. Például a magányos klóratomok úgy lépnek reakcióba az ózonmolekulával, és a folyamat terméke a szintén jelenlévő egyatomos oxigénnel, hogy a folyamat végén a klóratom újból „rendelkezésre áll”, vagyis tovább rombolhatja az ózonmolekulákat. A legfontosabb egyenletek a következők:

$$Cl + O_3 \rightarrow ClO + O_2 \text{ , és } ClO + O \rightarrow Cl + O_2 \text{ .}$$

Egyetlen freon molekulából felszabadult Cl atom akár 100000 ózon molekula bomlását is katalizálhatja.

3.7.3. Az energia- és nyersanyag-források kimerülése

Ellentmondásosnak tűnhet az energia megmaradásának törvénye azzal, hogy energiaválságról beszélünk, illetve az energiával való takarékosságra buzdítjuk az embereket. Igaz, hogy az energia megmarad, de a termodinamika második főtétele értelmében felhasználás közben egy része szétszóródik a környezet sok szabadsági fokára. Vagyis az energiaátalakítás hatásfoka mindig kisebb, mint 1.
Mit értünk azon, hogy energiahordozó?
Egy felemelt test esetében azt mondjuk, hogy gravitációs helyzeti energiája van. Ezt használjuk ki a vízierőművek esetében, a folyóvíz gravitációs helyzeti energiáját „csapoljuk meg”. Az anyagszerkezetben tárolt energiából akkor tudunk jelentős mennyiséget felszabadítani, ha apoláros molekulát polárossá alakítunk át. A különböző tüzelőanyagok, a szén, az olaj, a földgáz elégetésekor ezt használjuk ki. Az atomerőművekben a nukleáris kölcsönhatás által tárolt energiát „csapoljuk meg”, nagy rendszámú elemek (urán 235) atommagjait kettéhasítva. Az energia átalakítása során a fent említett anyagok fogynak. Nem állnak korlátlan mértékben rendelkezésünkre.

Hasonló a helyzet más ásványkincsekkel is. A téma valószínűleg részletesen szerepel a földrajz órákon, így a fizika tanárnak háttérismeretként szolgál.
A nukleáris technika alkalmazása során felmerülő problémákat a modern fizikával foglalkozó fejezetben tárgyaljuk részletesebben.

3.8. Társadalmi vonatkozások

Közhely ma már, hogy a változások üteme az emberiség életében egyre gyorsabb. Ennek következtében egyre szélesebbé válik a nemzedékek közti szakadék (Marx 1997). Egyikünk sem tud válaszolni a következő kérdésekre:

- Milyen üzemanyagot használnak majd unokáink kocsijaikban?
- Hogyan állítják majd elő az elektromos energiát?
- Milyen lesz a Föld éghajlata?
- Milyen fegyvereket használnak majd a háborúkban?

És folytathatnánk a kérdések sorát. Az oktatás számára komoly problémát jelent, hogy mit érdemes ilyen viszonyok közt tanítani egyáltalán az iskolákban. Marx György szerint *az ismeretlenben való tájékozódás* az, ami minden fiatal számára fontos. Erre pedig a természettudományos kutatás munkamódszere a leghatékonyabb eljárás, „a fizika lehet az új idők latinja az iskolában".

A természettudományos és azon belül is a fizikai ismeretek a gyakorlati alkalmazásokon keresztül mindennapjaink szerves részét képezik. Legközönségesebb napi tevékenységeink színterét, például a konyhát tekintve számos természetes módon használt eszköz köszönheti létét a fizikának. Ilyen a hűtőszekrény, a fagyasztóláda, a mikrohullámú sütő, az automata kenyérpirító, a villanyfőző stb. Szórakozásaink eszközei a TV, a rádió, a video, a CD vagy DVD lejátszó stb. létüket a fizikai ismeretek technikai alkalmzásának köszönhetik. A mikroelektronika fejlődésének következtében napjainkban „egy második Gutenberg-forradalmat élünk át". Rendkívüli jelentőségű az orvosi diagnosztikában és terápiában bekövetkezett változás, gondoljunk csak a közönséges röntgenre, majd a tomográfiás eljárásokra, az ultrahang-diagnosztikára, a radioaktív nyomjelzésre, a sugárterápiára, vagy a pacemakerre.

A fizikatörténeti ismeretek feldolgozása során a történelem tantárggyal való kapcsolat is kiépíthető. Érdemes átgondoltatni a tanulókkal egy adott tudományos felismerés társadalmi hatásait, pl. milyen lenne az életünk napjainkban nélküle. Milyen további új felismerésekben segített, illetve milyen addigi uralkodó nézetet váltott fel? Mely felismerés gyakorlati alkalmazásának lehetnek az emberre nézve káros következményei? Hogyan lehetett ezeket a múltban és lehet majd a jövőben elkerülni? Megoldás lehet-e az, ha mesterségesen, törvényekkel leállítjuk a tudományos kutatást, illetve egyes részterületek kutatását (pl. genetika, nukleáris technika)?

A fizika és a többi természettudomány nem önállóan léteznek, hanem egy társadalmi közegbe beágyazottan. Gondoljunk csak arra, hogy a Duna elterelése, a klónozás, az atomerőművek alkalmazása stb. nem csak műszaki, tudományos kérdések, hanem nagy tömegeket, illetve az emberiséget érintő társadalmi és etikai problémákat is felvetnek.

Nem szabad elhallgatnunk ugyanakkor azt sem, hogy *a napjaink társadalmában élő embert gyakran keríti hatalmába félelem.* Félnek az emberek a terrorizmustól, a

természeti csapásoktól, a különböző ipari katasztrófáktól és nem utolsó sorban a tömegpusztító fegyverektől. Ennek következménye részben, hogy egyre több a meghasonlott, vagy a máról holnapra élő, sodródó ember, terjednek a különböző áltudományok, a fiatalokat sem kímélve, komoly feladat elé állítva ismételten az iskolát, a pedagógus társadalmat.

A tudósok társadalmi felelősségének kérdése igen élesen merült fel az atombomba ledobása körüli időkben. Szilárd Leó 1945 tavaszán látván a német vereség közeledtét, Einstein ajánló soraival már postázta a levelet Roosevelt elnöknek az atombomba bevetésének szükségtelen voltáról. Közben Roosevelt elnök meghalt, és hosszú huzavona után, amint az a történelemből ismert, a bombákat ledobták két japán városra. Ezzel a tettel az emberek számára nehezen elfogadhatóvá tették a nukleáris energia, a láncreakció felhasználását, s alapvető félelmet ültettek el az emberekben ezzel kapcsolatban.

Szilárd Leó kezdeményezésére 1957-ben indult útnak a Pugwash Konferenciák sorozata. A mozgalom keretei között a világ felelősségteljes tudósai a tudomány és a béke kérdéseiről tárgyalnak. A hidegháború enyhülése, az USA és a Szovjetunió közt létesített telefonvonal, az úgynevezett „forró drót" szintén Szilárd Leó kezdeményezésére valósult meg. Őt ezért többen „az emberiség lelkiismerete"-ként emlegetik. (Marx 1997)

A demokrácia nem lehet sikeres, ha polgárai teljesen tájékozatlanok a társadalom szempontjából lényeges természettudományos kérdésekben, mint amilyen a globális felmelegedés, az energiaforrások, a géntechnika, az atomfegyverek, az ózonpusztulás stb. Ha az átlagpolgár ismeretei nem megfelelőek ahhoz, hogy tudatosan szavazzon, illetve általában tudatosan tevékenykedjen a fizikai ismereteket igénylő esetekben, akkor vagy technikai katasztrófa áldozatai leszünk, vagy pedig egy nem választott elit fog egyedül döntést hozni helyettünk. A nem természettudósnak készülő diákok számára (és ők vannak többen) is fontos, hogy értelmezni tudjanak különböző grafikonokat, tudjanak valószínűségekben gondolkozni, meg tudják becsülni a különböző tevékenységek kockázatát, tudjanak a tíz hatványaival bánni, értsék meg az exponenciális növekedés természetét. A társadalmi témák bemutatásához ajánlatos egy-egy cikket kiválasztani a napi sajtóból. Ezek elolvasása sokat jelenthet diákjaink számára abból a szempontból, hogy megértsék, mit is jelent a tudomány a saját életükben.

Témánk zárásaként álljon itt a Nemzetközi Fizikai Unió (IUPAP) 1999. márciusában elfogadott határozatának szövege!

A fizika szerepe a társadalomban

A fizika – az anyagok, energiák és egymásrahatásának tanulmányozása – nemzetközi vállalkozás, amelynek kulcsszerepe lesz az emberiség jövőbeli előrehaladásában. Fontos, hogy minden ország támogassa a fizika tanítását és a fizikai kutatást, mert

- *a fizika érdekes intellektuális kaland*, amely inspirálja a fiatalokat és kiterjeszti a természetről szerzett tudásunk határait;
- *a fizika alaptudást nyújt*, ami szükséges a jövőbeli műszaki fejlődéshez, hogy az hajtsa a világ gazdasági gépezetét;

- *a fizika hozzájárul technikai infrastruktúránkhoz*, jólképzett szakembereket biztosít a tudományos felfedezések gyakorlati hasznosításához;
- *a fizika fontos a többi tudomány szakamberképzésében*, így lényeges szerepet játszik a vegyész-, mérnök-, informatikus-, biológus-, orvos-képzésben;
- *a fizika gazdagít más tudományokat*, amelyek szintén alapvető fontosságúak az emberiség számára: földtudomány, agronómia, kémia, biológia, környezettudomány,
- *a fizika javítja életünk minőségét* azáltal, hogy alapot nyújt az orvosi alkalmazások módszereinek és eszközeinek kifejlesztéséhez, amilyen a computer-tomográfia, mágneses rezonancia-tomográfia, pozitron-emissziós tomográfia, ultrahang-tomográfia, laser-sebészet.

Mindezek miatt a fizika az oktatási rendszer lényeges összetevője, a fejlett társadalom számára fontos kulturkincs. Ezért kérjük a kormányokat, hogy hallgassák meg a fizikusok és más tudósok tanácsait tudománypolitikai döntések előtt és támogassák a fizikát. Ez a támogatás több formában történhet, mint például:

- A fizikatanítás megjavítását célzó nemzeti programok az oktatás minden szintjén.
- Egyetemeken és más kutatóbázisokon erős kutatóintézetek létesítése és támogatása, megfelelő kutatástámogató alapokkal.
- Egyetemi hallgatók és doktoranduszok részére ösztöndíjak létesítése.
- Nemzeti laboratóriumok támogatása, újak létesítése, ahol szükséges.
- A nemzetközi együttműködés bátorítása és anyagi támogatása.

Feladatok

1. Elemezzen biológia, földrajz és kémia tankönyveket abból a szempontból, hogy milyen, a fizikában bevezetendő fogalmakat használnak fel a tananyag tárgyalásakor!
2. Elemezzen fizika tankönyveket abból a szempontból, hogy milyen biológiai, földrajzi, illetve a kémia tárgykörébe tartozó témákra utalnak az egyes témák tárgyalásakor!
3. Elemezzen fizika tankönyveket abból a szempontból, hogy milyen környezeti vonatkozásokat említenek meg az egyes témák tárgyalásakor!
4. Készítsen egy listát azokról a fizika oktatása során előkerülő témákról, amelyeket lehetne integrált módon is feldolgozni!
5. Válasszon ki egy olyan témát a fizika oktatásában szereplők közül, amelyet integrált módon is fel lehet dolgozni, biológiai, földrajzi és/vagy kémiai ismeretek bevonásával! Dolgozza fel a kiválasztott témát, készítsen hozzá részletes tantervet a tanulói tevékenységhez szükséges feladatlapokkal és a tanári segédlettel együtt!
6. Készítsenek csoportmunkában felmérést csoporttársaik, tanárok, szülők, illetve ismerőseik körében az integrált természettudományos oktatás lehetőségéről, illetve annak lehetséges fogadtatásáról! Készítsenek az adatgyűjtéshez kérdőívet, interjúvázlatot stb.!
7. Hospitálások alkalmával gyűjtse a fizika órákon előforduló interdiszciplináris elemeket, és a környezeti vonatkozásokra való utalásokat!

8. Készítsen tematikus tervet, tanmenetet a fizika egy kiválasztott fejezetének tanításához, és jelölje meg minden óra esetében a különböző, abban az évben feltehetően tanított tantárgyak esetében a kapcsolódó vonatkozásokat!
9. Keressen az Internet-hálózatról interdiszciplináris, illetve környezeti témájú szakanyagokat! Hogyan építené be ezeket tanítási gyakorlatába?
10. Válsszon ki az emberiség történetéből egy korszakot és gondolja át, hogy abban milyen jellegű fizikával kapcsolatos tudásra volt szükségük az embereknek!
11. Válasszon ki egy „nagy" fizikai felismerést, és gondolja végig, hogy az miként változtatta meg az emberiség életét, illetve milyen lenne a ma emberének egyetlen napja az adott felfedezés hiányában! Írjon erről egy rövid esszét!
12. Készítsen gyűjteményt olyan újságcikkekből, melyekben fizikával kapcsolatos témát tárgyal a cikk szerzője! Készítsenenk állandó faliújságot évfolyamtársaikkal!

Felhasznált irodalom

Abt Antal (1870): *Kísérleti természettan középtanodák számára*. Pest.

Antolik Károly (1881): *A Természettan és a Természeti földrajz elemei.* Gimnázium lll. oszt. Arad.

Balogh, K (1934): *Természettan A népiskolák 6.oszt. számára*. Debrecen.

Báthory Zoltán (1984): A tantervi korszerűsítésről a permanens fejlesztés meghirdetéséig. *Pedagógiai Szemle* 9. sz.805-817.

Beardsley, T. (1992): Tanítsunk igazi tudományt. *Tudomány* (A Scientific American magyar kiadása) 12. sz.74-83.

Dobson, Ken (szerk.) (1987): *Co-ordinated science Introductory boo*k. Collins Educational, London.

Dobson, Ken (szerk.) (1991): *Co-ordinated science Introductory book, Book one, Book two.* Collins Educational, London.

Garami K. (1963): *Tantárgytörténeti tanulmányok.* Tankönyvkiadó, Budapest.

Gáspár László (1981): *Egységes világkép, komplex tananyag.* Tankönyvkiadó, Budapest.

Gore, Al (1993): *Mérlegen a Föld, Ökológia és emberi lélek*. Föld Napja Alapítvány, Budapest.

Greguss, Gy. (1870*): Természettan.* Pest.

Győrffy, J. (1923): *Természettan és vegytan A katholikus. népiskolák felső osztályai számára.* Szent István-Társulat, Budapest.

Haber-Schaim, U - Cross, J.B - Abegg, G.L - Dodge, J.H - Walter, J.A (1976): *Introductory Physical Science.* New Jersey.

Haber-Schaim, U - Cross, J.B - Abegg, G.L - Dodge, J.H - Walter, J.A (1976): *Introductory Physical Science Teacher guide.* New Jersey.

Haber-Schaim, U (1983): *Energy a sequel to IPS.* New Jersey.

Hargitai, R. (1992): A "Project 2061" technikája. *Iskolakultúra* 3. sz.27-33.

Havas Péter (szerk.) (1997): *A környezeti nevelés és a helyi tanterv.* Infogroup, Budapest.

Hawking, S.W. (1988): *Az idő rövid története*. Maecenas Könyvkiadó, Budapest.

Heller Ágost (1882): *Fizikai földrajz a gimnáziumok III.oszt. számára.* Atheneaum Nyomda, Budapest.

Hobson, Art (1999): *Physics. Concepts and Connections*. Prentice Hall, Upper Saddle River.

Horváth László (1986): *Savas eső.* Gondolat Kiadó, Budapest.

Jedlik Ányos (1850): *Természettan elemei*. Pest.

Kedves Ferenc (1998): *Fizika az élővilágban*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.

Lévay E (1910): *Matematikai és fizikai földrajz a gimnázium III. osztálya számára*. Szent-István-Társulat. Budapest.
Lévay, E (1921): A csillagászati és fizikai földrajz elemeivel. A kath. polg. leányisk. Szent-István-Társulat, Budapest.
Mari László (1985): Az elsős kémiáról negyedikeseknek. *A Kémia Tanítása* 1. sz.20-24.
Marx György (1969): *Jövőnk az Univerzum.* Magvető Kiadó, Budapest.
Marx György (1979): *Jövőidőben, Egy fizikus írásai az iskoláról.* Magvető Kiadó, Budapest.
Marx György (1992*): Szép új világunk.* Közoktatási Kutatások Akadémiai Kiadó, Budapest.
Marx György (1993): Napfény, üvegház,éghajlat. *Fizikai Szemle* 4. sz.132-140.
Marx György (1997): *Szilárd Leó.* Akadémiai Kiadó, Budapest.
Mészáros István (1982): *Mióta van iskola?* Móra Ferenc Könyvkiadó, Budapest.
Molnár János (1777): A természetiekről Newton tanítványainak nyomdoka szerint hat könyv. Pozsony, Kassa.
Müller Péter (1979): *Az élet története és a lemeztektonika*. Magvető Kiadó, Budapest.
Nahalka István (1992): A természettudományok tanításának irányzatai. Iskolakultúra *Természettudomány* 9. sz.2-11.
Nahalka István (1993): Irányzatok a természettudományos nevelés második világháború utáni fejlődésében. *Új Pedagógiai Szemle* 1. sz.3-24.
Németh László (1973): *A kísérletező ember.* Magvető és Szépirodalmi Könyvkiadó, Budapest.
Németh László (1980): *Pedagógiai írások Kriteiron.* Könyvkiadó, Bukarest.
Németh Judit (1985): Előszó egy Németh László töredékhez. *Fizikai Szemle* 9. sz.335-336.
Németh László (1985): A klasszikus fizika története. *Fizikai Szemle* 9.sz.337-348.
Németh László (1989): *Életmű szilánkokban.* Magvető és Szépirodalmi Könyvkiadó, Budapest.
Planck, Max (1982): *Válogatott tanulmányok.* Gondolat, Budapest.
Radnóti Katalin (1982): A Boltzmann eloszlás alkalmazása kémiai példákra. *Fizikai Szemle* 5. sz.178-182.
Radnóti Katalin (1987): Néhány gondolat a kémia és a fizika összehangolt tanítására a gimnázium első osztályában. *A Kémia Tanítása* 3. sz.93-96.
Radnóti Katalin (1987): Néhány gondolat az atomfizika gimnáziumi tanításához. *A Fizika Tanítása* 1. sz.6-12.
Radnóti Katalin (1989): Ideális gáz, reális gáz. *A Fizika Tanítása* 1. sz.23-24.
Radnóti Katalin (1993): Fizikai fogalmak használata a földrajz tanítása során. *A Fizika Tanítása* 4. sz. 3-7.
Radnóti Katalin (1995): Környezetvédelmeről leendő fizikatanároknak. *Módszertani Lapok,* Fizika 3. sz. 42-47.
Radnóti Katalin (1996): Az atomenergia megítélése és a természettudományos tanárképzés. *Iskolakultúra* 4. sz. 65-76.
Radnóti Katalin (1997): A százéves elektron. *Iskolakultúra* 4. sz.21-32.
Radnóti Katalin – Róka András (1999): Elektrokémia fizikatanároknak. *Módszertani Lapok*, Fizika 5. sz. 1-9.
Sain Márton (1978): *Matematika-történeti ABC*. Tankönyvkiadó, Budapest.
Salamon Zoltán - Sebestyén Dorottya (1979a): A természettudományok integrált oktatására irányuló kísérletek külföldön. *Pedagógiai Szemle* 10. sz.922-934.
Salamon Zoltán - Sebestyén Dorottya (1979b): A természettudományos tantárgyak integrált oktatásának néhány kérdése. *Magyar Pedagógia* 2. sz.144-156.
Schiller Róbert (1987): *Rendszertelen bevezetés a fizikai kémiába a hidrogén ürügyén*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
Schirkhuber Móricz (1844): *Az elméleti s tapasztalati természettan alaprajza*. Pest.

Schmidt, Á. (1896): Fizika és fizikai földrajz, középiskolák III.oszt. számára. Lampel Róbert Könyvkereskedés kiadása, Pest.
Schrödinger, Ervin (1985): *Válogatott tanulmányok.* Gondolat, Budapest.
Szabó Árpád (1993): A fizika, mint iskolai tantárgy. *Fizikai Szemle* 1.sz. 29-32.
Tomcsányi Ádám (1809): Értekezés a galvánelektromosság jelenségeinek elméletéről. Buda.
Varga Márton (1808): *A gyönyörű természet tudománya*. Nagyvárad.
Vekerdi László (1997): *Így él Galilei*. Typotex Elektronikus Kiadó, Budapest.
Watson, James (1970): *A kettős spirál.* Gondolat Kiadó, Budapest.
Zátonyi Sándor (1992): Egymásra utalt tantárgyak. *Iskolakultúra* 5.sz. 2-9.
Zemplén Jolán (1964): *A magyarországi fizika története a XVIII. században*. Akadémiai Kiadó, Budapest.

4. A FIZIKATANÍTÁS TUDOMÁNYELMÉLETI HÁTTERE

RADNÓTI KATALIN

A pedagógia tudománya a filozófiai tudományok közé tartozik. A bevezetőben említett pedagógiai megfontolások alapjait minden esetben az adott kor filozófiájában kerestük. A konstruktivista pedagógia, melyet magunkénak vallunk, egyik tudományos forrásának tekinthető a modern tudományfilozófia.

Az utóbbi évtizedekben változások történtek a tudományfilozófia területén. Közös az új megközelítésekben az ismeretszerzés elméletirányítottságának hangsúlyozása.

A fizika oktatása során a gyermeki világképből kiindulva a tanárnak úgy kell megszerveznie a tanulási folyamatot, hogy a tanuló a tudományokkal kapcsolatos korszerű szemléletet tehesse magáévá. Ehhez nyújt segítséget, ha röviden összefoglaljuk azokat az elképzeléseket, amelyek szerint az e kérdésekkel foglalkozó szakemberek látják a tudomány történetét, az új tudományos eredmények megszületését, és azok fogadtatását.

4.1. A tudományelméletek átalakulása a 20. században és az átalakulás hatása a fizika tanítására

Napjainkban a laikusok, de még a szakemberek többsége is lényegében egy induktív empirista meghatározottságú képpel rendelkezik a tudományos folyamatok magyarázatát tekintve. Ez azt jelenti, hogy az emberek többsége szerint a tudományos felismerések mindegyike tapasztalatokon – kísérleteken, méréseken, megfigyeléseken – alapszik, minden tudományos ismeretünk ilyenekre vezethető vissza. Sokan e tételt megkérdőjelezhetetlen igazságnak tartják. Egy fizikatanárnak tudnia kell, hogy ez az induktív – empirista tudománykép nem az egyetlen tudományelméleti megközelítés, s éppen a 20. században, annak utolsó harmadában formálódtak meg olyan elképzelések, amelyek bizonyos értelemben az ellenkezőjét állítják az eképpen foglaltaknak. A kérdés vizsgálata azért jelentős, mert nem mindegy, hogy tanítványainknak milyen elméleti keretben magyarázzuk a fizikatörténet eseményeit, nem mindegy, milyen logika szerint tárjuk eléjük a fizikai kutatás folyamatait. Nem kevesebbről van szó, mint arról, hogy tanítványaink milyen alapvető képet szerezhetnek a fizikai megismerés folyamatáról.

Az említett, a 20. században bekövetkezett változás lényege az volt, hogy a tudományelméletben széleskörűen elfogadottá vált a tudományos fejlődés elméletközpontú megközelítése. Vagyis az új elképzelések szerint a tudományos

eredmények nem a tapasztalatokra vezethetők vissza, hanem a nagy elméletek formálódásának, tesztelésének, igazolásának és cáfolásának folyamatában jönnek létre.

Hans Reichenbach (1938/1998) veti fel azt a kérdést, hogy milyen gondolkodási folyamatok vezetnek felfedezésekhez. Megállapítja, hogy „a gondolkodás pszichológiai műveletei meglehetősen határozatlan, elmosódó folyamatok; szinte sohasem igazodnak a logika előírásaihoz" (Reichenbach 34.o.). Ez igaz mind a köznapi, mind pedig a tudományos gondolkodásra is. Vagyis a tudósok kutatásaik során valójában nem aszerint gondolkodnak, ahogyan azt későbbi publikációikban, konferenciaelőadásaikban vagy egyetemi óráikon megjelenítik. Amikor tudományos gondolatokról van szó, nagyon sokszor csak a letisztult, rekonstruált gondolatmenetekről van szó. *Reichenbach* ezeket *racionális rekonstrukcióknak* nevezi. Az oktatás során általában az ilyen, vagy ehhez hasonló módon létrehozott gondolatmeneteket szoktuk bemutatni tanítványainknak is, amikor egy-egy új eredményről, felfedezésről tanítunk.

Carl Hempel (1966/1998) az indukció problémáját vizsgálja és mutatja meg tarthatatlanságát. A tudományos hipotézisek és elméletek nem következnek mechanikusan a megfigyelt tényekből. „A kreatív képzelőerő működtetése révén találják ki őket." (Hempel 90.o.)Példaként *Frederich Kekulé* (1829-1896) példáját említi, ahogyan a benzol gyűrűs szerkezete „megjelent" előtte. A nagy tudományos előrelépéseket szerencsés ötletekkel, intuícióval érik el, és egyetlen olyan szabály sem adható meg, ami hasonló helyzetekben ismételten sikert biztosít. *Karl Popper* (1963/1998) szerint, aki szintén bírálta az induktív megismerési módszert, ezek sejtések, amelyekből olyan következményeket vezetnek le, amelyek aztán megfigyelés útján vagy kísérletileg vizsgálhatók, azaz ellenőrizhetők az elmélet előrejelzései. Tehát a fizika oktatása során alkalmazott induktív következtetések és általánosítások kizárólagos alkalmazásának filozófiai létjogosultsága erősen megkérdőjelezhető.

Popper rámutat továbbá arra, hogy a tudomány nem megfigyelésekkel, hanem problémákkal kezdődik. A problémák általában akkor támadnak, amikor sejtéseinkben, előzetes várakozásainkban csalatkozunk, elméletünk ellentmondáshoz vezet, megfigyeléseink nem a várt eredményt adják stb. „A probléma sarkall bennünket tanulásra, tudásszerzésre, kísérletezésre és megfigyelésre." Ezen gondolatoknak az oktatásban betöltött szerepe minden tanár számára ismerősen cseng, tanítványaikat is új, érdekes problémák felvetésével szokták motiválni egy-egy új anyagrész feldolgozásának kezdetén. Minden új elmélet új problémákat vet fel, és éppen e problémák megoldásán keresztül járul hozzá a tudományos tudás gyarapodásához. *Popper* rámutat a kritikai megközelítés fontosságára, így is különbséget téve a racionális tudomány és a babona (áltudomány) közt(Popper 113.o.). A kritikai megközelítés napjaink természettudományos oktatásának is egyik igen fontos feladata, hiszen a gyerekek a legkülönfélébb módon kerülnek kapcsolatba áltudományos elméletekkel. Felvetődik a kérdés, hogy mitől függ, hogy egy elmélet jobb-e, mint a riválisa. A választ *Popper* a következőkben találja meg: a jobb elmélet pontosabb állításokat tesz, több tényt vesz figyelembe és magyaráz meg, részletesebben írja vagy magyarázza a tényeket, kiáll olyan próbákat, melyeket a másik nem, új kísérleti ellenőrzéseket javasol, egyesít, vagy összekapcsol különféle, addig egymástól függetlennek tekintett problémákat. A tudás gyarapodásának feltételeit a következőkben látja: az új elméletnek az addig kapcsolatba nem hozott dolgok, vagy tények kapcsolatára vonatkozóan új és

átütő elgondolásból kell kiindulnia, olyan eseményeket kell előre jeleznie, melyeket addig még nem figyeltek meg, és végül, de nem utolsó sorban ki kell állnia néhány szigorú ellenőrzést.

Elképzelései szerint az adott korban létrejött elméletek közül a körülmények (társadalmi, ideológiai) a legmegfelelőbbet jelölik ki, fogadják el tudományosnak, hasonlóan a *biológiai szelekcióhoz*. Ő a tudományos elméletek egymás utáni megjelenését, majd elfogadását mintegy *evolúciós folyamatként* jelenítette meg az 1930-as években.

Willard Quine (1975/1998) szerint minden elmélet empirikusan aluldeterminált, ami alatt azt érti, hogy meglepően kevés empírikus tapasztalat támaszt alá nagyon sok elméletet(124.o.). Felhívja a figyelmet arra, hogy a megfigyelés, mint fogalom, belső feszültségekkel terhelt, mert nem létezik önmagában, nem szakítható el a megfigyelő előzetes elképzeléseitől, fogalomrendszerétől, beállítódásaitól. *Polányi Mihály* (1962/1994) mutat rá arra, hogy mennyire fontos a megismerő személyes részvétele minden megismerési aktusban.

Fehér Márta 1977-es tanulmányában rámutat arra, hogy a természet tudományos igényű megismerésének igénye az ókori görög filozófusoktól ered, sőt a törvények matematikai megragadhatóságának gondolata is tőlük származik. A görögök elméletei ugyan nem mondtak ellent a hétköznapi tapasztalataiknak, de az ókorban nem beszélhetünk a kísérletezés, mint megismerési módszer használatáról. Ez a megismerési módszer csak a 17. század elején, *Galilei* munkásságát követően válik széles körűen elfogadottá. Ez az időszak az empirizmus születésének időszaka is, vagyis ekkor formálódik meg, hogy az ismeretek csak a tapasztalat útján nyerhetők, a természet minden elmélettől mentes megfigyelésével.

Fehér Márta felteszi a kérdést: „A valódi tudás megszerzése érdekében pedig a tudós feladata pusztán az, hogy elfogulatlanul, filozófiai előítéletektől mentesen figyeljen a természet szavára?”(Fehér 7.o.)

A természet nem kezd el magától „mesélni”. A természethez kérdést kell intézni, amely a megfigyelések, a kísérletek megtervezésében nyilvánul meg. Már a legegyszerűbb kérdés is azonban előfeltételezéseken alapul, bizonyos ismeretháttér alapján fogalmazódik meg. Előzetes várakozások vannak a lejátszódó jelenségekkel kapcsolatban.

Az általánosítások csak a jelenségek bizonyos tapasztalati összefüggéseinek megállapításához, matematikai leírásához elégségesek, de a lényeget nem lehet ilyen módon elérni. Például a kinetikus gázelmélet és a statisztikus fizika semmiképpen nem jöhetett volna létre a tapasztalatok általánosításából, hiszen az atomok, molekulák kicsiny méretüknél fogva nem tartoznak a tapasztalat körébe. Sőt a gázok egyes tulajdonságai, például térfogatuk változása a folytonos anyagképpel is magyarázható.

A természettudományos oktatás megújítására való törekvés filozófiai alapjait sokan az elsősorban *Thomas S. Kuhn* (1978/1984) nevével fémjelzett konstruktivista megközelítésmódban látják. *Kuhn* nézeteinek alapját a tudományos fejlődés általa megkülönböztetett két típusa alkotja, a *normál és a forradalmi periódus*. (E tudományos folyamatoknak megfelelő, a gyermeki megismerésben jelentkező radikális gondolkodásmód átalakulásra a didaktikában a fogalmi váltás kifejezést használják.) A tudományos fejlődés normál szakasza gyakorlatilag kumulatívnak tekinthető. A

forradalmi szakaszok ellenben olyan epizódok, amelyek rálátást nyújtanak a tudományos megismerés egy központi összetevőjére. Ide tartoznak az olyan felfedezések, melyek nem illeszthetők be a korábban használt fogalmi keretbe. Egy ilyen felfedezéshez meg kell változtatni azt a módot, ahogyan a természeti jelenségeket leírják, vagy ahogy erről gondolkodnak. (Kuhn 1984)

A forradalmi változásokat Kuhn a következőképp jellemzi: holisztikusak, vagyis nem hajthatók végre részletekben, lépésről lépésre, továbbá „megváltozik az a mód, ahogy a szavakat és kifejezéseket hozzákapcsoljuk a természethez, ahogy meghatározzuk a referenciát", és végül a hasonlóságok régi mintázatát el kell vetni, és azt újjal helyettesíteni.

A napjainkban oly divatos paradigma kifejezést is Kuhn vezette be. Erről a következőképpen ír: "A csillagászat, a fizika, a kémia vagy a biológia gyakorlata általában mégsem vált ki alaptételekig menő vitákat, míg például a pszichológusok vagy a szociológusok körében manapság szinte járványszerűek az ilyen viták. E különbség okát keresve jutottam el azoknak a tényezőknek a felismeréséhez, amelyeket azóta a tudományos kutatás "*paradigmáinak*" nevezek. Ezeken „*olyan, általánosan elismert tudományos eredményeket értek, melyek egy bizonyos időszakban a tudományos kutatók közössége számára problémáik és problémamegoldásaik modelljeként szolgálnak.*"(Kuhn 1984. 11.o.)

Lakatos Imre szerint egy régi elmélet módszeres megcáfolása után az új elmélet nem csak új tényeket "jósol meg", hanem *folytatása* a réginek. Nem lehet egymást váltó elméletekről beszélni. Erre példák a Newton által felépített mechanika, speciális relativitáselmélet, általános relativitáselmélet.

Lakatos úgy gondolja, hogy ezek egymást tartalmazó elméletsorok, melyek kicsit hasonlatosak az orosz matrjoska babákhoz.

Lakatos Imre nem is csak elméletekről beszél, hanem kutatási programokról. Ezek elméletek rendszerei és sajátos belső szerkezettel rendelkeznek. Minden ilyen kutatási programnak van egy "kemény magja", amely nem változik, mert ha megváltozna, azzal maga a kutatási program alakulna át. Például a newtoni mozgásfelfogást kutatási programként tekintve a Newton I. II. III. és a gravitációs erőtörvénye alkotja a kemény magot. A kemény mag körül épül ki a "rugalmas védőövezet". A kutatások itt folynak, a kutatási programon belül felvetődő kérdéseket válaszoljuk meg, többbek között megszüntetve a felmerülő anomáliákat. Anomáliák akkor keletkeznek, amikor a kemény mag alapján megfogalmazott előrejelzéseket nem igazolja vissza a tapasztalat. Ilyen volt pl. a Uránusz bolygó helyének Newton törvények alapján történő kiszámítása, aminek eredményei nem egyeztek meg a mérésekkel. Az Uránusszal kapcsolatos anomáliát a Neptunusz bolygó hatása okozza, így az anomália valójában nem a Newton törvények cáfolatát szolgálta végső soron, hanem éppenhogy megerősítésüket. A Newton törvények alapján a Halley-üstökös visszatérését is nagyon pontosan meg lehetett jósolni. A "rugalmas védőövezet"-ben folyó kutatásoknak ezt a jellegzetességét nevezi Lakatos heurisztikus erőnek.

Az egymást követő kutatási programokat heurisztikus erejük szerint kell megítélni "mennyi új tényt produkált, mekkora magyarázó kapacitást teremtett a növekedése során felmerülő cáfolatokra".

Sokak számára megdöbbentőek lehetnek *Paul Feyerabend* (1978/1998) elképzelései. Felrója a tudománynak, hogy minden „hagyományos elméletet" kiszorított, pl. a gyógynövények alkalmazását, az akupunktúrát stb. Véleménye szerint „manapság a tudomány a demokrácia alapszövete, éppúgy, ahogy korábban a társadalom alapszövete az Egyház volt." Megkérdőjelezi, hogy miért szükséges az iskolában kötelezően tanulni a tudományos tárgyakat, nem lehetne-e ezek helyett mágiát vagy asztrológiát tanulni, vagy legendákat megismerni? Meglehetősen szkeptikus álláspontot képvisel a szakértői véleményekkel kapcsolatban is, mondván, sok esetben különböző eredményekre jutnak alapvető elvi és gyakorlati kérdésekben egyaránt. A szakértői vélemények problematikus voltára Feyerabend példaként említi az atomiparral kapcsolatos biztonsági kérdések megítélését, a különböző rovarirtók, az aerosolos sprayk hatását, az oktatási módszerek eredményességét. A vélemények egyeztetése, majd az egységes álláspont kialakítása rendszerint politikai döntés eredménye, eredményeként a hivatalostól eltérő vélemények képviselői a legtöbbször háttérbe szorulnak. Sok esetben tekintélyelv alapján fogadnak el egy-egy véleményt. Feyerabend rámutat arra is, hogy a tudományt nem egy esetben szakmán kívüliek és olyan tudósok vitték előre, akik a hagyományostól eltérő háttérrel rendelkeztek.

> A tanulság az, hogy a nem tudományos ideológiák, eljárások, elméletek és hagyományok komoly vetélytársakká válhatnak, és a tudomány jelentős hiányosságait tárhatják föl, amint egyenlő feltételekkel versenyezhetnek. Egy szabad társadalom intézményeinek feladata ezen egyenlő esélyek biztosítása. A tudomány felsőbbrendűségét csak többféle alternatív nézettel való összevetés után állíthatjuk. (Feyerabend 1998. 155.o.)

Barry Barnes és *David Bloor* (1982/1998) tanulmányukban rendkívül eredeti példával mutatják meg Joseph Priesley (1733-1804) és Antonie Laurent Lavoisier (1743-1794) példáját felhasználva, hogy azonos kísérleti tényeket miként lehet teljesen más elmélet alapján magyarázni. Felhívják a figyelmet arra, hogy *ami egy bizonyos kontextusban bizonyítékként szolgál egy adott nézet mellett, az egy másfajta konextusból nézve esetleg egy egészen más állítás bizonyítékának minősül. A különböző elméletek alapján dolgozó tudósok egészen másként értelmezhetnek azonos tényeket, eltérő következtetéseket vonhatnak le. Minden tény előfeltevések összefüggésébe van ágyazva.* (Barnes 197.o.)

Polányi Mihály ezt úgy fogalmazza, hogy a természetben lévő dolgok nem „viselnek" magukon bizonyíték feliratot. Ezek csak annyiban bizonyítékok, amennyiben a megfigyelő annak fogadja el őket.

Az oktatás számára ez azt jelenti, hogy egy-egy új téma feldolgozása előtt feltétlenül fontos megtudni azt, hogy a gyerekek miként vélekednek azzal kapcsolatban. Például a mozgások esetében valószínűleg az arisztotelészi gondolkodás elemeinek meglétére számíthatunk. A tanórán bemutatott, vagy a netán saját maguk által elvégzett kísérleteket ebben az elméleti keretben fogják értelmezni. A tanárnak az a nem könnyű feladata, hogy a newtoni fizika, mint alternatív elmélet szélesebb magyarázó erejének belátására késztesse tanítványait.

4.2. Az induktív módszer problémái

Az előző fejezetben többször utaltunk az induktív következtetés problémáira. Jelen részben ezt mutatjuk be kicsit bővebben. Ezt azért tesszük, mert az induktív pedagógiai eljárások rendkívül elterjedtek a fizikatanításban, s mi, e könyv szerzői úgy véljük, hogy ezen a téren jelentős szemléletváltozást kellene elérni.

A huszadik század első évtizedeiben a tudományelméletek terén még szinte teljes mértékben a pozitivizmus uralkodik. A pozitivizmus a 19. században született, s a 20. században kiteljesedő filozófiai rendszer, ismeretelméletében lényegében az induktív-empirista felfogást teljesíti ki. A pozitivisták szerint a tudományos ismeretszerzés csakis induktív-empirikus alapon épülhet fel. Az e filozófiát vallók szerint jobban megbízhatunk a kísérletekben, mint az elméletalkotás eredményeiben.

Érdekes, hogy elméleti eredményekért sokkal kevésbé kaphatnak fizikusok Nobel díjat, mint kísérleti eredményekért. Például Einstein sem a tudományra oly nagy hatást gyakorló relativitáselméletért, hanem a tapasztalathoz közelebb álló fényelektromos-jelenség megmagyarázásáért kapta meg a Nobel díjat. Ilyen jellegű tendencia napjainkban is megfigyelhető, mutat rá *Palló Gábor* (1999).

Popper fogalmaz meg markáns fenntartásokat az induktív módszerek használatával kapcsolatban. Induktívnak azokat a következtetéseket nevezik, amelyek segítségével egyedi állításokból - amelyek lehetnek megfigyelések, vagy kísérletek eredményei - egyetemes állításokra következtetünk. „Mármost a legkevésbé sem magától értetődő, hogy logikailag jogosultak volnánk egyedi állításokból – legyen ezek száma bármilyen nagy – egyetemes állításokat levezetni. Egy ilyen következtetés bármikor hamisnak bizonyulhat: tudvalevő, hogy akárhány fehér hattyút is figyelünk meg, nem indokolt arra következtetnünk, hogy minden hattyú fehér.” (Popper 1934.31.o.)

Az indukció problémáját jól mutatja be *Carl Hempel* (1966/1998. 88-89.o.) példája. Az e módszer szerint gondolkodó kutató munkája a következőképpen nézne ki:

1. Megfigyelné és rögzítené az összes tényállást anélkül, hogy azok közt szelektálna.
2. Ez után pedig hozzáfogna analizálni, összehasonlítani, csoportosítani a megfigyelt tényeket anélkül, hogy előzetesen bármilyen hipotézist felállított volna. Ez már az összefüggések megállapítását jelenti.
3. Harmadik lépésként a tények előbbi elemzése alapján induktív általánosításokat végezne.
4. A folyamat közben született általánosítások újabb induktív következtetések alapjaivá válnak, illetve deduktíven is levezethetünk belőlük következtetéseket.

Észre kell azonban vennünk, hogy egy tisztán induktív logikát követő kutatás sohasem jutna túl az első szakaszon. Mégpedig azért, mert semmilyen kritérium nem állna rendelkezésre a második szakasz elvégzéséhez. De mint majd *Kuhn* példájánál látni fogjuk, még az 1. szakasz sem végezhető el. *Polányi Mihály* szerint, ha a tudományos elmélet pusztán a tapasztalat, a tények egyszerű összegzése lenne, akkor egy menetrendet, vagy egy telefonkönyvet is tudományos elméletnek kellene tekinteni.

Einstein a speciális relativitáselmélet megalkotása előtt nem ismerte a *Michelson-Morley* féle kísérletet, 1905-ben megjelent cikkében nem is hivatkozik rá. Önéletrajzából kiderül, hogy a speciális relativitáselmélet alapelvét tízévnyi elmélkedés után fedezte fel egy olyan paradoxon végiggondolásával, mely már 16 éves korában

foglalkoztatta. Ez a következő volt: ha egy fénysugarat *c* sebességgel (a fény vákuumbeli sebessége) követünk, akkor egy térben oszcilláló, nyugalomban lévő mezőként lehetne a fénysugarat észlelni. Szó sincs róla, hogy Einstein nagy sebességű testekkel kísérletezett volna, a speciális relativitáselmélet alapgondolata a fénysebesség invariáns volta elméleti okfejtésének eredménye.

A modern tudományelméletek szerint a természeti törvények valójában konstrukció jellegűek. Gondoljuk ezt kicsit át a fizikában! Mind az elméleteket, mind pedig azokat az objektumokat, amelyekre azok illenek, mi konstruáljuk. A gázok állapotegyenlete ideális gázokra vonatkozik, az emelő-törvény teljesen merev és homogén rudakkal számol stb. Newton első alaptörvénye olyan testekről szól, amelyekre semmilyen erő nem hat. Így a szó szigorú értelmében nincs és nem is lehet arra vonatkozóan empirikus bizonyítékunk, hogy valóban mindig megőriznék állandó sebességű mozgásukat.

Az észlelés problematikus voltának, elmélettől vezéreltségének is tudatában kell lennünk, ha helyes képet akarunk kialakítani a tudománnyal kapcsolatban. Az észlelő emberek sokszor különböző dolgokat „látnak". Ha nem adott előre, hogy milyen kategóriákba soroljuk észrevételeinket, akkor zavar támad, hiszen benyomásainkat a már meglévő tudásunk sokszor esetleges összefüggéseiben helyezzük el. Tehát az észlelet mindig valamilyen elmélettel terhelt, nem pedig objektív adottság. Ahogy a tudós, úgy az éppen kísérletező, vagy a tanári kísérletre figyelő gyerek tudatában is jelen vannak a tanult fogalmi minták. Analógiát keres a már meglévő elméletekkel stb. Ezért nagyon fontos az, hogy a különböző megfigyelések esetében legyenek megfigyelési szempontok. Általános, a megfigyelt tartalomtól független, önmagában vett megfigyelőképesség tehát nem is létezik, sőt a konstruktivizmus tagadja bármilyen általános, tartalomtól független képességek létét.

Kuhn rendkívül szemléletesen mutatja be az anomáliák észlelésével kapcsolatos érdekes jelenségeket, illetve ezen anomáliák észre nem vételét. Pszichológusok a következő kísérletet végezték el ezzel kapcsolatban: A kísérleti alanyoknak játékkártyákat kellett fölismerniük, mégpedig úgy, hogy megszabott rövid ideig látták azokat. A kártyák többsége szabályos volt, de akadt közöttük néhány szabálytalan is, például egy piros pikk hatos, meg egy fekete kőr négyes. Egy-egy kísérleti ciklus abból állt, hogy minden egyes kísérleti alanynak minden egyes kártyát fokozatosan egyre hosszabb ideig, újra meg újra megmutattak. Minden kártyalap minden egyes megmutatása után megkérdezték a kísérleti alanytól, hogy mit látott, és a ciklus akkor ért véget, ha egymásután kétszer helyesen ismerte föl az összes kártyalapot.

Sok kísérleti alany már a kártyák legrövidebb ideig tartó megmutatása után is fölismerte a legtöbb kártyát, és az időtartam csekély növelése elegendő volt mindenkinek valamennyi kártyalap felismeréséhez. A szabályos kártyáknál a meghatározások általában helyesek voltak, *de a szabálytalanokat is majdnem mindig szabályosként határozták* meg minden szemmel látható habozás vagy töprengés nélkül. A fekete kőr négyest például vagy pikk, vagy kőr négyesként határozták meg. Anélkül, hogy fölmerült volna bennük annak a lehetősége, hogy valami nincs rendjén. A kísérleti alanyok *a szabálytalan kártyát rögtön besorolták a korábbi tapasztalataik alapján kialakított fogalmi keretek egyikébe*. Azt mégsem szívesen mondanánk, hogy valami mást láttak, mint amit a meghatározás során kimondtak. Ha még hosszabb ideig mutatták a szabálytalan kártyákat, a kísérleti alanyok habozni kezdtek, és jelét adták,

hogy tudják: valami nincs rendjén. Ha az időt tovább növelték, a habozás és a zavar fokozódott, míg végül - néha egészen hirtelen - a legtöbben habozás nélkül határozták meg a szabálytalan kártyát, mint szabálytalant. Két-három szabálytalan kártya sikeres meghatározása után pedig a többiek meghatározása már könnyen ment. Néhányan azonban egyáltalán *nem voltak képesek helyesbíteni fogalmaikat, és ettől rendkívül idegesek lettek*. (Kuhn 93.o.)

Kuhn a tudománytörténet szempontjából vizsgálva a helyzetet a következőképp jellemzi azt:

> Amikor a tudománytörténész a jelenkori történetírás nézőpontjából tekinti át letűnt korok kutatási krónikáját, kísértésbe esik, hogy felkiáltson: *a paradigmák megváltozásával maga a világ is megváltozik*. Új paradigmákat követve, a tudósok új eszközöket alkalmaznak, és új területeket vesznek szemügyre. Még fontosabb, hogy *forradalmak idején a tudósok új és más dolgokat látnak meg, mint azelőtt, noha megszokott eszközeiket használják ismert területeken*. Mintha a szakmai közösség egyszer csak átkerült volna egy másik bolygóra, ahol az ismerős tárgyak más megvilágítást kapnak és ismeretlenekkel együtt jelennek meg. (Kuhn 153.o.)

Hasonló fordulatot élnek át a kártyakísérlet alanyai is. Mindaddig, amíg a meghosszabbított bemutatás révén meg nem tanulták, hogy vannak a világon rendellenes kártyák is, csak olyanfajta kártyákat látnak, melyek észlelésére előző tapasztalataik felkészítették őket. Amint azonban személyes tapasztalataik nyomán elsajátították a szükséges kiegészítő fogalmakat (rendellenes kártya: piros pikk, fekete kör) képesek lettek első látásra fölismerni minden rendellenes kártyát, ha legalább annyi ideig látták őket, amennyi egyáltalán bármilyen azonosítást lehetővé tesz. Más kísérletek is bizonyítják, hogy a bemutatott tárgyak méretének, színének stb. felismerése függ a kísérleti alany korábbi gyakorlatától és tapasztalatától. Tehát magának *az érzékelésnek is előfeltétele valami paradigmaféle*. Hogy mit lát az ember, függ attól is, amit néz, és attól is, hogy korábbi vizuális-fogalmi tapasztalatai minek a meglátására tanították meg! És ezt a fizika tanításakor, különösen az empirikus részek feldolgozásakor, nevezetesen a megfigyelések, kísérletek, mérések esetében fokozottan figyelembe kell venni! Nincs ez másképp a műszeres észlelések esetében sem.

Az olyan kutatások esetében, melyeket mérőeszközök segítségével végzünk, felmerül az éppen használt műszer működését leíró elmélet kérdése is. Érdekes ezzel kapcsolatban, ahogyan többen arra reagáltak, amikor Galilei be akarta mutatni a Jupiter holdjait távcsövén keresztül. Volt, aki nem is volt hajlandó belenézni a távcsőbe, hiszen ami nincs leírva Arisztotelész könyveiben, az nem is létezik. Néhányan a vállalkozók közül azt állították, hogy amit látnak annak, semmi köze sincs az égi jelenségekhez, az csak optikai csalódás lehet. Galileit kortársai joggal figyelmeztették, hogy megfigyelései közben egy olyan optikai elméletre támaszkodott, mely annak idején valóban nem volt világosan kifejtve.

A megfigyelés személyes jellege megmarad a modern technika korában is. *Polányi Mihály* könyvében található erre egy tanulságos példa. A lóversenyen a győztes megállapítása nem könnyű feladat. Azt gondolhatnánk, hogy a célfotók időszakában ez

nem jelenthet problémát. A következő eset történt. A fényképen az látszott, hogy az egyik ló orra pár mm-rel előrébb van, mint a másiké. Ellenben ez a lónak egy nyálcsíkja miatt mégis előbb érte el a célt. Az ilyen esetek eldöntéséhez előzetes megállapodásokra van szükség, ami viszont személyes vélemények összehangolását igényli.

4.3. Tudománytörténeti példák

A mozgással kapcsolatos elképzelések változásának főbb állomásai különösen érdekesek filozófiai, ismeretelméleti szempontból. öt kardinális, még az ókorban megfogalmazódott állításon, dogmán kellett túljutni a "tudomány hőseinek", hogy megalkossák számunkra a fizika alapjait (Koestler 1959/1996; Abonyi 1997).

1. A világ két szférára való felosztása, égire és földire.
2. A geocentrikus felfogás.
3. A mozgás leírása az egyenletes sebességű körmozgások dogmájára épül.
4. A tudomány nem kapcsolódott össze a matematikával.
5. Dinamikai szempontból a testek természetes állapota a nyugalom.

Az 5 dogma megdöntése a következő személyekhez fűződik:

1. Égen és földön egy fizika van. *Galilei és Newton*
2. Napközéppontú világrendszer. *Kopernikusz*
3. A bolygók ellipszis pályákon mozognak. *Kepler*
4. A matematika a természet nyelve. *Galilei*
5. Dinamikai szempontból nem a nyugalom, hanem a mozgás a természetes állapot. *Galilei*

Egy adott korban a tudósok látásmódját erősen befolyásolja az adott korszak uralkodó ideológiája, amelytől nagyon nehezen tudnak csak megszabadulni. Erre kiváló példa az egyenletes körmozgáshoz való ragaszkodás. *Platon* teremti meg az egyenletes körmozgás nimbuszát, melynek abszolutizálását *Arisztotelész* emeli "dogmává". Hosszú évekkel később *Ptolemaiosz* egyenletes körmozgásokból próbálja összerakni a bolygók pályáját, a tapasztalatok körmozgással nem magyarázható voltát az elmélet finomításával igyekszik kezelni. Évszázadok múlva *Kopernikusz* is, amikor a bolygók Nap körüli mozgását igyekszik leírni, szintén egyenletes körmozgások eredőjével számol. (Simonyi 1978) Aki hosszú évekig tartó szellemi erőfeszítések árán megszabadul a köröktől, az *Kepler*, a Mars pályájának vizsgálatakor. A következőkben ezt a példát elemezzük kicsit részletesebben.

A Kepler törvények felismerése

A Mars bolygó pályájának alakját sokan próbálták már Johannes *Kepler* előtt is leírni. Tycho *Brahe* rendszeresen figyelte a bolygót, komoly adatállományt hozott létre, mely később *Kepler* rendelkezésére állt. *Kepler* három újítást vezetett be vizsgálatai kezdetén:

1. Az egész rendszer középpontjának a Napba való áthelyezése, vagyis az abban az időben létező világmodellek közül a *kopernikuszi modellt* fogadta el. A mérési adatokat ebben az elméleti keretben értelmezte, illetve ebben tette fel kérdéseit.

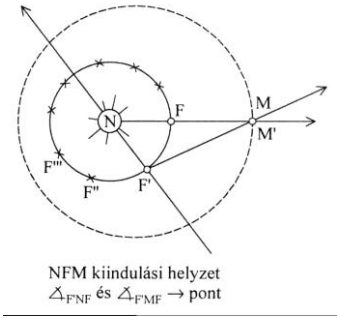
2. A bolygók pályasíkja nem billeg a térben.
3. A bolygók egyenletes mozgását leíró elv feladása.

A megfigyelési adatokat kezdetben körre akarta illeszteni, de nem járt sikerrel. A Mars megfigyelt pozíciói 8 ívperccel eltértek a modell által megkövetelt értéktől. Ez *Kepler* számára katasztrófa volt, mivel tudta, hogy *Brahe* adatai csupán 2 ívmásodperces hibával rendelkeznek. Zsenialitását és merészségét bizonyítja, hogy hajlandó a körkörösség eszméjétől is megszabadulni, és valamilyen más görbét keresni. Hogy ezt megtehesse, ahhoz elegendően sok pontot kellett a görbén meghatározni.

Kepler munkája két fő részből állt. Mivel a Föld a megfigyelőhely, először a Föld pályáját kellett meghatározni, majd annak ismeretében a Marsét. Mint már említettük, *Kepler* a kopernikuszi modellben gondolkodott. A régi ptolemaioszi modellben az égitestek látható iránya volt csak a fontos, ezért csak a szögeknek volt értelme, addig Kepler már olyan modellt alkot, amelyben az égitestek távolsága is fontos szerepet játszik. A bolygók Naptól való távolsága megadható a Föld-Nap távolsággal kifejezve. Vagyis relatív távolságokról van szó. Természetesen ismert volt az egyes bolygók Nap körüli keringési ideje. (Simonyi 1978)

A földpálya alakjának meghatározása

A földpálya alakjának meghatározásához Kepler egyedülálló ötlettel állt elő, a megfigyelő pozícióját a Marsra helyezte át. Kiinduló helyzetként az szerepelt, amikor a Nap, a Föld és a Mars egy egyenesbe esik (NFM). Ismerte továbbá a Mars Nap körüli keringési idejét, ez 687 nap, tehát ennyi idő elteltével a Mars ismét a kiindulásival azonos térbeli helyzetbe kerül. *(4.1. ábra)* A Föld viszont ebben az időpontban pályájának valamilyen F’ pontjában lesz.



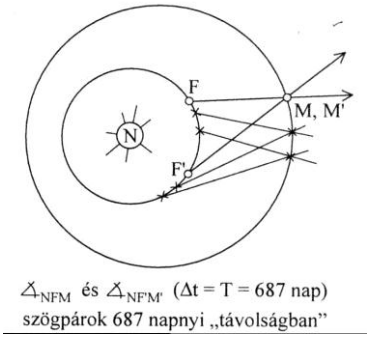
4-1. ábra A földpálya alakjának meghatározása

Ezt a pontot pedig meg lehet szerkeszteni, ha ismerjük a *Nap – Föld és a Mars – Föld irányt*. Újabb 687 nap múlva a Mars ismét ugyanebben a helyzetben lesz, míg a Föld pályájának egy másik, F’’ pontjában, mely szögmérések segítségével ismét megszerkeszthető. És így tovább, vagyis anélkül, hogy bármi egyebet tudnánk a Mars pályájáról, mint a keringési időt, a Föld pályájának az alakja megszerkeszthető.

A távolságok itt és a későbbiekben is relatív távolságok. Minden távolság a Föld Naptól mért távolságához viszonyítva van kifejezve.

A Mars pályának meghatározása

A Földpálya ismeretében határozta meg *Kepler* a Mars pályáját. Az egyes pontok megszerkesztéséhez a következő gondolatmenetet használta: Előzetes tudásként ismét felhasználta azt, hogy a Mars Nap körüli mozgásának periódusideje 687 nap. Tehát 687 naponként a Mars ugyanabban a térbeli helyzetben van. Válasszunk ki két, egymástól 687 napnyi „távolságban" lévő helyzetet a Földpályán. Ha megmérjük a Mars irányát mindkét helyzetben, akkor a két irányvonal metszéspontja kijelöli a marspálya egyik pontját. *(4.2. ábra)*



4-2. ábra A Mars pályájának meghatározása a földpálya ismeretében

A fent említett szerkesztést kell sok esetben elvégezni, hogy minél több pont legyen az ismeretlen görbén. A hosszú évekig tartó méréssorozatot nem kellett *Keplernek* elvégezni, hiszen rendelkezésére álltak *Brahe* adatai, „mindössze" a számára szükségeseket kellett abból kiválogatni. Vagyis a 687 naponkénti adatpárokat kellett kikeresni és megszerkeszteni az egyes pontokat. Így valójában meg lehetett kapni a pálya „nyomképét", melyből a bolygó pálya menti sebessége, illetve annak változása is "látható" volt. (Az azonos időszakaszok végpontjaiban kapott pontok sűrűsége alapján.) Ez a magyarázata annak, hogy *Kepler* valójában a róla elnevezett 2. törvényt előbb fogalmazta meg, mint a elsőt.

Azt, hogy ezek a mérési eredmények milyen görbére illeszthetők, szintén nem volt könnyű feladat megtalálni. A kúpszeletekkel, így az ellipszissel már az ókori görögök is sokat foglalkoztak. Ezt a tudást felhasználva lehetett azonosítani a pálya alakját, mint ellipszist.

Jellemző volt *Kepler* egész gondolkodásmódjára, hogy a pálya meghatározását nem egyszerű geometriai problémaként kezelte, ahogy addig mindenki, hanem fizikai erőkkel kapcsolatos magyarázatot keresett. A Nap központi helyre való állításában is kifejeződött ez, mert Kepler már a tömegvonzásra is gondolt. *Új fogalmi rendszerbe illesztette a problémát, másképp látta, mint azt elődei tették.* Továbbá *Brahe* példájából látható, hogy hiába végez valaki rendkívül pontos megfigyeléseket, csupán csak a

mérési adatokból nem tud törvényszerűségeket kiolvasni. *Koestler* (444.o.) igen szellemesen a következőt írja: „Tudni kell használni az észleleteket; a nehézséget az okozza, hogy mikor vegyük figyelembe az egyiket, s mikor a másikat."

A mérési eredmények közül a megfelelőek kiválasztásához komoly elméleti felkészültség szükséges, sőt valójában a mérés, az észlelés megtervezéséhez is. Különben nem tudjuk, hogy valójában mit is keresünk, és nem veszünk észre lényeges momentumokat.

Példánkból szépen látszik az is, hogy *Kepler* munkamódszere egyáltalán nem nevezhető induktívnak. Ugyanis csupán a mérési adatokból nem fedezhetett volna fel semmit. Szüksége volt természetesen az adatokra, de azok csak egy meghatározott elméleti keretben nyertek értelmet!

Nem arról van tehát szó, hogy a tapasztalásnak, a megfigyelésnek, az észlelésnek, a mérésnek ne lenne nagyon fontos szerepe a megismerésben. Mindössze azt mondjuk, hogy ahhoz, hogy valamire rátaláljunk, már kell legyen róla valamilyen előzetes elképzelésünk. Olyan adatokat kell figyelembe venni, amelyek a vizsgált hipotézist alátámaszthatják vagy cáfolhatják, amelyek így lehetővé teszik az előzetes elképzelések ellenőrzését.

Kepler Mars pályájával kapcsolatos kérdését már eleve egy modell keretei között fogalmazta meg, nevezetesen a kopernikuszi modellt választotta. A Föld és a többi bolygó keringési idejének eleve csak ebben a modellben van értelme. A pályák alakjára vonatkozóan különböző hipotézisei voltak. Ilyen volt az addigi modellekben kizárólagosan szereplő kör. Megpróbálkozik tehát a kiválasztott észlelési adatok alapján kapott pontoknak körre való illesztésével. És ez a hipotézis nem válik be. Újat kell keresni. Végül rátalál az ellipszisre, de csak azért tudja ezt megtenni, mivel már ismert volt az ellipszis fogalma. Ezt a görbét nem neki kellett felfedezni.

Feltehetjük a kérdést ezek után, hogy Kepler csupán csak a mérési adatokból fedezte-e fel a Marspálya alakját. A válasz egyértelműen "nem". De természetesen szükség volt a mérési adatokra! Ezek nélkül nem sikerült volna. Ahhoz azonban, hogy mely észlelési adatokat vegye figyelembe, majd azokat hogyan használja fel, szükséges volt a hipotézis!

A szabadesés

Következő példánk a szabadesés. A szabadesés törvényszerűségei Galilei színrelépése előtt már közel egy évszázada foglalkoztatták a tudósokat. Sok problémát okozott, hogy vajon az egyenletes változás az idő vagy pedig a hely függvényében értendő-e. *Galilei* hipotézise szerint az idő függvényében. Mai jelölésmódunkat használva a következőképp foglalhatjuk össze gondolatmenetét, amelynek végeredményét kísérletileg vizsgálni tudta.

A sebesség tehát legyen arányos az idővel, vagyis $v = at$ Ha a test nulla kezdősebességgel indul, akkor a középsebesség, vagy átlagsebesség: $v_{közép} = \frac{v}{2} = \frac{at}{2}$. A megtett út a következőképp számítható: $s = v_k t = \frac{at}{2} t = \frac{1}{2} at^2$. Ebből az következik,

hogy: $\frac{s}{t^2} = \frac{a}{2} = \text{állandó}$, amit másképp, méréssel vizsgálható módon megfogalmazva a következőképp írhatunk fel: $\frac{s_1}{t_1^2} = \frac{s_2}{t_2^2} = \ldots$

Mind az utat, mind pedig az időt mérni lehet és így vizsgálni, hogy fennáll-e a kettő között az előbb matematikailag megfogalmazott arányosság. A mérés közvetlen végrehajtásánál azonban felmerült egy nehézség, szabadesés esetében túlságosan kicsi időket kellene mérni. *Galilei* zseniális ötlete volt az, hogy vett egy kis hajlásszögű lejtőt, és ezzel - megtartván a jelenség időbeli lefolyásának jellegét - lelassította a szabadesés folyamatát úgy, hogy a rendelkezésére álló időmérő eszközökkel kellően pontos méréseket tudott végezni.

Galilei módszere a következőképp foglalható össze:

1. A fogalmak tisztázása (út, idő, sebesség és a gyorsulás fogalmának "megsejtése").
2. Hipotézisalkotás a jelenség várható lefolyására vonatkozóan (az idő függvényében egyenletesen változik a sebesség).
3. Hipotéziséből matematikai úton olyan összefüggéseket vezet le, amelyek kísérletileg ellenőrizhetők ($\frac{s}{t^2} = \text{állandó}$)
4. Végül kísérleti úton ellenőrzi az elméleti következtetéseket.

Ebből a példából is szépen látszik, hogy *Galilei* munkamódszere sem tekinthető induktívnak. Szó sincs arról, hogy „vaktában" méregetett volna utakat és a hozzá tartozó időket, majd észrevette volna a köztük lévő négyzetes összefüggést. Pont ellenkezőleg. Már tudta, hogy mit keres, és azt a módszert, azt a kísérleti elrendezést kellett megtalálnia, amivel azt alátámaszthatja.

4.4. Áltudományos jelenségek

Napjainkban "jobban láthatókká váltak", mert gyakrabban jelennek meg a médiákban a különböző *áltudományos nézetek*. Tanítványainkat meg kell tanítanunk arra, hogy kritikával kezeljék a tudományos alapokra is hivatkozó állításokat. Az egyik lehetséges megoldás, ha tudatosítjuk tanítványainkban, hogy milyen kritériumok szerint vizsgálható egyáltalán egy tudományos elmélet. Rendkívül nehéz elválasztani egymástól a tudományt és az áltudományt. Nem egy, napjainkban elfogadott tudományos elméletet minősítettek áltudományosnak keletkezése idejében. (Lakatos 1978) Nagyon nehéz volt elfogadtatni Newton gravitációra vonatkozó elméletét, Einstein elképzeléseit, stb.

Feyerabend (1978/1998) szerint a tudomány racionálisabb volta nem is igazolható! A rivális elméletek közti választás nem tekinthető racionális folyamatnak. Nem létezik tudományos módszer, nincs olyan kizárólagos eljárás, vagy szabályok olyan csoportja, amelyen minden kutatás alapul!

Popper (1966/1997) hívta fel a figyelmet a *kritikai megközelítés* fontosságára, amely segít megülönböztetni a racionális tudományt a babona, ma úgy mondanánk áltudomány különféle formáitól. Szerinte a tudomány azoknak az igen kevés emberi tevékenységeknek az egyike – talán az egyetlen -, melyben a tévedéseket rendszeres

kritikának vetik alá, s általában időben korrigálják. Az áltudomány visszautasít minden bírálatot és képtelen az önkorrekcióra. Az igazság rettenthetetlen bajnoka szerepében tetszeleg. A meghökkentés általános vágya motiválja. Oksági viszonyt vél felfedezni véletlenszerű kapcsolatok esetében. Az analógiák fontosak a tudományos megismerésben, de nem szabad ezeket sem túlhajtani. A magyarázatok látszólagos egyszerűsége is jellemzője az áltudományos gondolkodásnak.

Sokak szerint a tudomány és áltudomány megkülönböztetésének döntő mozzanata a kísérleti ellenőrzés. *Beck Mihály* (1978) szerint a megfelelő *ellenőrző kísérlet* nélkül egyetlen eredményt sem lehet elfogadni. A mérések hibáival is tisztában kell lenni, és a hibahatáron belüli különbségeknek nem szabad jelentőséget tulajdonítani. A mérési eredményeknek legyen fizikai jelentése. Sokszor a statisztikai kezelés hibája, hogy kevés számú adatból próbálnak meg minden tekintetben érvényes megállapításokat tenni. A tudományos megismerésben mindig nagy szerepe van az intuíciónak. Ezt azonban mindig a bizonyítás művelete kell, hogy kövesse. Mint láttuk korábban, az empiria, a kísérletek a korszerű tudományelméleti elképzelések szerint nem játszanak döntő szerepet a tudományban, nem kiindulópontjai a kutatásnak. Ezért a tudomány és áltudomány között az ellenőrző kísérletek segítségével határvonalat húzni akaró szemlélet – bár fontos részmozzanatot jelöl meg – nem lehet a végső megoldás. Rendkívül hasznosak lehetnek számunkra olyan új elméletek is, amelyeknek szinte alig van empirikus alátámasztásuk, és sok megfigyeléssel alátámasztott elméletek is (pl. ufók) lehetnek áltudományosak.

Véleményünk szerint talán nem is helyes kifejezés az, hogy áltudomány, hiszen nem lehet különválasztani a tudománytól, sem módszerei, sem eredményei tekintetében, némileg ellentmondva ezzel néhány általunk idézett szaktekintélynek. Inkább olyan jelenségnek lehet tekinteni, mint a tudás hiánya, félreértése, illetve tudományos csalás, mint eredmények „szándékos" meghamisítása, nem megfelelő kiértékelési módszer választása adatsorok esetében stb. Ugyanakkor nehéz a tények, a kísérleti eredmények megítélése is. Itt a megismételhetőség lehet egyfajta kritérium. Azonban ne felejtsük el, hogy minden kísérletet, mérést, megfigyelést elméleti keretben hajtunk végre! Így *legfeljebb arról beszélhetünk, hogy egy adott jelenség azonos körülmények között azonos módon megy végbe. Az interpretálás viszont már elméletfüggő*. Az elmondottak alapján próbálkozzunk meg valamilyen „munkadefiníciót" alkotni arról, hogy mit tekinthetünk tudásnak, tudománynak, illetve áltudománynak, megtartva ez utóbbi kifejezést széleskörű használata miatt:

- *Tudás*nak tekinthető az *ősember*, egyes primitív törzsek stb. által felhalmozott tudás, olyan szervezett ismeretrendszer, amely a *mindennapi életük során adaptívnak bizonyult*. Nem tudományos értekezések formájában lettek előterjesztve, hanem *nemegyszer hiedelmek, vallási szertartások, mesék képében, mitologikus köntösben jelentek meg*. Hasznos tudásnak számítottak a *babiloniak csillagászati ismeretei*, amelyek alapján felosztották az évet, bevezették a hónap, óra, perc stb. fogalmakat, amelyek ősi eredetére utal az is, hogy egymáshoz való viszonyuk nem a tízes számrendszer használatát tükrözi. Fontos volt *a Nílus áradásának ismerete*, a nap- és holdfogyatkozások idejének, a különböző csillagok, illetve bolygók pályájának előre való kiszámítása. (Ezen ismeretek rendszere akár az ókori emberek kinematikájának is nevezhető.)

- A *tudomány* már bizonyos mértékig *magasan szervezett ismeretrendszert* jelöl. Alapelemeknek, axiómáknak tekintett állításokból előrejelezhetők megfigyelhető jelenségek. A tudományos ismeretrendszernek h*eurisztikus ereje van*, új jelenségeket tud "megjósolni", illetve különböző megfigyelésekre, kísérleteknek az elvégzésére tesz javaslatot. Megjelenik a kísérlet, mint a természet módszeres kérdezésének az eszköze. Fontos eleme az *ellentmondás-mentesség igénye*, továbbá a *kísérleti adatok reprodukálhatósága*, illetve a tudomány nyilvános és kritikus voltának bemutatása.
- Az *áltudomány többnyire nem képes* a tudományhoz hasonló módon *előrejelzésre*. Általában önkényesen állít fel szabályokat, kísérleti adatai nem reprodukálhatók, nem enged teret a kritikai megközelítésnek.

Az áltudományos nézetek hatása világszerte nő. Nyilvánosságukat a tömegtájékoztatás és a modern informatika lehetőségei jelentősen megnöveli, így megváltozott társadalmi szerepük is. A médiák nemegyszer a tudományos mellett, áltudományos nézeteket is közvetítenek, azokat tudományosnak beállítva. Azoknak az ismeretterjesztő filmeknek egy része is ilyen, amelyek például asztrológiával, ufókkal, ezredvégi jóslatokkal foglalkoznak. De hozhatunk példákat a különböző gyógymódok terjesztését illetően is. Több esetben népszerűsítenek bizonyos praktikákat, azokat általános gyógymódnak kikiáltva, például a rákos daganatok kezelését illetően stb. mintha megtalálták volna az alkimisták által keresett „életelixírt”, nemegyszer a hivatalos tudomány képviselőit negatív színben feltüntetve. A médiumok széleskörű nyilvánosságot biztosítanak az ilyen jellegű megnyilatkozásoknak. Pedig több esetben bebizonyosodott, hogy az esetenként ígéretes eljárás torz, helytelen bemutatása és annak kritikátlan ajánlása károkat okozott. Ki tudja hány embert tévesztettek meg, vezettek félre, akik ennek következtében nem vettek részt hatásos gyógykezelésben, s ezzel “kezelőik” komoly anyagi kárt is okoztak az állam és az egyén számára.

Következő példánkban egy atomerőműben történt üzemzavar kapcsán mutatjuk be, kicsit humoros formában, a médiák szerepét az áltudományos nézetek terjesztésében.

1979. március 28-án hajnalban az észak-amerikai Pennsylvania állambeli Three Mile Island-en lévő atomerőműben "esemény" történt, melyet *Marx György* (1996.165.o.): Atommag-közelben című könyve alapján idézünk röviden fel. Meghibásodott a primer hűtőkör egyik szivattyúja. Az operátor hibás beavatkozása miatt a reaktor aktív zónája víz nélkül maradt, s emiatt a reaktorépületbe radioaktív anyag került, végül pedig ez a reaktorblokk használhatatlanná vált. Később a zárt reaktorépület levegőjének megtisztításakor egy kevés radioaktív nemesgáz került a légkörbe, amit kémiailag nem lehetett lekötni. Ennek hatása azonban elhanyagolható volt a lakosságot állandóan érő természetes háttérsugárzás mellett. Mi történt e közben az atomerőművön kívül?

A CBS televízió adásából idézünk:

> Ez az első lépés egy nukleáris rémálom megvalósulása felé. Az atomerőművön belül olyan erős a radioaktivitás, hogy áthatol az 1 m vastag védőfalon és mérföld távolságokban is mérhető. (Marx 165.o.)

Az autópályákat a következő napon menekülők ezrei árasztották el.

Jimmy Carter, akkori amerikai elnök a magyar származású *Kemény Jánost* bízta meg az üzemzavar kivizsgálásával, aki *a legnagyobb problémaként a hibás emberi beavatkozást jelölte meg*. Véleménye szerint nagy üzemzavar gyors beavatkozást igényel, ezt magának a "gépnek" kell elvégeznie.

A munka befejezését követően *Kemény János* hallgatóinak a következő témáról tartott előadást: "Az amerikai demokrácia a magas szintű technika korában". Ebből idézünk egy rövid részletet:

> A riporterek szeretik a véleménykülönbségeket. Egy nap majd ezt olvashatjuk az újságban: 'Három tudós, név szerint Galilei, Newton és Einstein arra következtetnek, hogy a Föld gömbölyű. De a New York Times értesült róla, hogy John Doe professzornak meggyőző bizonyítékok állnak rendelkezésére arra vonatkozóan, hogy a Föld sík.' És a riport részrehajlás nélkül folytatódik, egyenlő teret biztosítva mindkét nézet kifejtéséhez. Ez persze karikatúra, de ilyen extrém esetek ismételten előfordulnak a nukleáris vita során. Így nem is csodálkozom, hogy az amerikai társadalom össze van zavarva ez ügyben. Persze tudom, hogy az egész országot érintő ügyben a Parlamentnek kell dönteni. Egyik éjjel Washingtonban vérfagyasztó álmom volt: az amerikai képviselőház 215 szavazattal 197 ellenében eltörölte Newton gravitációs törvényét. (Marx 167.o.)

Annak, hogy a társadalom (benne diákjaink, kollégáink, ismerőseink) fogékony az áltudományos nézetekre, nagy a jelentősége. A jelenségnek nyilván számos oka lehet. Mi ezeket a következőkben látjuk: Az emberek nem ismerik az adott kérdés megoldását, magyarázatát megadó tudományos elméletet (vagy nincs is ilyen). Hallottak ugyan a tudományos elméletről, de nem értették meg, és így nem tudják alkalmazni a gyakorlatban felmerülő probléma megoldása során. Megtanulták a tudományos magyarázatot (megismerték az elméletrendszert), de nem tanulták meg, hogy egy elméletrendszer segítségével magyarázhatóak gyakorlati problémák, és ezt a problémát nem képesek egymaguk megoldani, ellenben *az áltudományos magyarázat tetszetős*, nagy körülötte a hírverés, divatos, jó a reklámja, stb. Végezetül talán a legfontosabb ok, vagy méginkább az okok lényegének összefoglalása, hogy ezeknek a nézeteknek *nagy az adaptivitása*. (Lásd az 1.3.4 fejezetet)

Elemezzük most azokat a tényezőket, amelyekre az iskolai oktatásnak közvetlenebb hatása lehet. Vizsgáljuk meg a tanítási folyamatot abból a szempontból, hogy mennyire teszi lehetővé az egyes elméletrendszerek tényleges elsajátítását, és a gyakorlathoz való viszony alakítását. Be kell vallanunk magunknak, hogy a tanítandó elméletrendszerek alapos elsajátítása fáradságos munkát igényel a diákoktól, és a rendelkezésre álló idő, valamint a folyamat végén lebegő felvételi/vizsga követelményei, tartalma egyáltalán nem indokolják, hogy ezt a folyamatot arra használjuk, hogy szimuláljuk, *bemutassuk legalább egy elméletrendszer tanulmányozása során, hogy hogyan alkalmazhatók a tudományos ismeretek és módszerek praktikus kérdések megoldására, állampolgári döntések meghozatalára*. Ezzel szemben a gyerekekben a tudományról olyan képet alakítunk ki, hogy legtöbben azt gondolják, a tanult törvények, összefüggések mindenhatóak (minden körülmények között érvényesek), a tudomány pedig

tévedhetetlen, és minden problémát egzaktul meg tudunk oldani tudományos módszerekkel. Arról, hogy a tudomány (a világról alkotott mai ismereteink rendszere) változott, és régebben másképpen gondolkodtak az emberek, mást tanítottak a tanítók, mint ma, és más rendszert hívtak tudománynak, vagy hallgatunk az iskolában, vagy csak akkor szólunk róla „ha marad rá idő". Nem mutatjuk be a gyerekeknek, hogy tudományos módszerekkel hogyan lehet a mindennapi életből származó problémákat megoldani, hogyan lehet eseményeket előre jelezni. Nem tudjuk tudatosítani diákjainkban azt, hogy a tudomány előrejelzéseit, álláspontját egy-egy gyakorlati kérdésben befolyásolják azok a körülmények, amelyek közt a tudományos ismereteket használják. Így a gyakran különböző eredményre jutó tudományos műhelyek eredményeit az emberek sokszor semmibe veszik, és elfogadják a többnyire egyszerű, egyértelmű magyarázatot adó, áltudományos elképzeléseket. Ennek a veszélynek diákjaink is ki vannak téve.

Az iskolai oktatásban nagyobb szerepet kell, hogy kapjon a kritikus gondolkodásmód fejlesztése! A tanárnak azonban nincs könnyű helyzete, és nem csak azért, mivel az utóbbi években a természettudományra fordítható órák száma csökkenő tendenciát mutat, hanem - mint már arra rámutattunk - a tudományos és áltudományos nézeteket nehéz egymástól megkülönböztetni. Tanítványaink sok esetben otthonról is hoznak magukkal áltudományos nézeteket, amelyeket esetleg szüleiktől ismernek. Ezért a kérdést óvatosan, kellő empátiával kell kezelni. De elhallgatni, figyelembe nem venni semmiképpen sem lehet!

Napjainkban egyre terjed a természettudomány eredményeinek olyan beállítása is, hogy a jelen problémáiért azok lennének a felelősek. Formálódóban van egyfajta tudományellenesség. Sokat segíthet a probléma kezelésében a tudomány eredményeinek történelmi szemléletben való bemutatása.

Célszerű a tanulókkal együtt megvizsgálni azt, hogy az egyes felfedezések milyen társadalmi környezetben jöttek létre, milyen addig létező elméleteket, gondolkodási rendszereket, szemléletmódot váltottak fel, majd pedig annak következményeképp milyen változások jöttek létre az emberiség életében. Miképp segítette elő a fizika tudománnyá válása és fejlődése, a matematika felhasználása, a kvantifikálás módszere a többi természettudomány, a kémia és a biológia kialakulását és fejlődését? Vagy például hogyan szabadult meg a kémia az alkimista szemlélettől, miként alakították át életünket a vegyipar termékei? Sőt, vannak olyan vélemények is, hogy a természettudománnyal kapcsolatos ismeretelméleti meggondolásoknak is helye van az oktatásban (Matthews 1998).

Az év végi ismétlést színesebbé, érdekesebbé tehetjük a gyerekek számára, ha a tankönyv szerinti rendszerezés után komplex jellegű feladatokat is kapnak, netán játékos formában. Ehhez jó segítséget ad a tudománytörténet, sőt azt összekapcsolhatjuk a történelmi, irodalmi, zenei tanulmányokkal is a többi természettudományos tantárgy mellett.

Feladatok

1. Olvassa el Arthur Koestler Alvajárók című könyvét! Keresse meg azokat a részeket, amelyek fogalmi váltásokról szólnak. Hogyan fogadta ezeket a váltásokat az akkori tudományos közösség?

2. Simonyi Károly A fizika kultúrtörténete című könyve segítségével nézzen utána annak, hogy miként gondolkodott Arisztotelész a mozgásokkal kapcsolatban! Ezt követően beszélgessen el általános iskola alsó tagozatába járó gyerekkel arról, hogy szerintük miért állnak meg a testek!
3. Gyűjtsenek csoportmunkában létező áltudományos nézeteket! Közös megbeszélésen próbálják meg cáfolni ezeket az elképzeléseket!
4. Válasszon ki az Ön által elvégzett laboratóriumi mérések közül egyet! Vesse alá tevékenységét tudományelméleti vizsgálatnak!
5. Válasszon ki a fizika területéről egy Ön által kedvelt fejezetet! Nézzen utána annak, hogy az arra a területre vonatkozó ismeretek miként keletkeztek! Volt-e szerepe induktív általánosításnak? Kiscsoportban vitassák meg a csoport tagjainak felvetéseit!
6. Vizsgáljon meg néhány fizika tankönyvet abból a szempontból, hogy milyen logikai úton jutnak el bizonyos törvényszerűségek megfogalmazásához! Gondolja át néhány esetben az adott törvényszerűség történeti kialakulását, keletkezését is.
7. A fizikának napjainkban is vannak olyan területei, ahol jelenlegi tudásunk elég gyérnek mondható. Keressen ilyen területeket. Kutassa fel azt is, hogy egy-egy jellegzetes jelenségére milyen elméletek léteznek!

Felhasznált irodalom

Abonyi Iván (1997): Arthur Koestler képe az újkori tudomány születéséről. *Természet Világa* 5.sz. 207-210.

B.Barnes, D.Bloor, R.Boyd, R.Carnap, P.K.Feyerabend, C.J.Hempel, T.S. Kuhn, K.R. Popper, V.O.Quine, H.Reichenbach és Laki János (1998 szerk.): *Tudományfilozófia.* Osiris Kiadó, Budapest.

J. D.Barrow (1994): *A fizika világképe.* Akadémiai Kiadó, Budapest.

Beck Mihály (1978): *Tudomány – áltudomány.* Akadémiai Kiadó, Budapest. 2. átdolgozott kiadás.

J.D.Bernal (1977): *A fizika fejlődése Einsteinig.* Gondolat Kiadó / Kossuth Könyvkiadó, Budapest.

A.Einstein (1911/1971): A mozgó testek elektrodinamikájáról. In: *Válogatott tanulmányok* Szerkesztette: Tőrös Róbert Gondolat, Budapest. 55-74.

Fehér Márta (1977): A fizika és a filozófia kapcsolatáról. In: Csákány Antalné (szerk.): *A fizika és a társtudományok* Tankönyvkiadó, Budapest. 5-30.

Arthur Koestler (1956/1996): *Alvajárók.* Európa Kiadó, Budapest.

T. S. Kuhn (1984): *A tudományos forradalmak szerkezete.* Gondolat. Budapest.

Imre Lakatos (Edited by John Worrall and Gregory Currie 1978): *The methodology of scientific research programmes.* Cambridge University Press.

Marx György (1996): *Atommag-közelben.* MOZAIK Oktatási Stúdió, Szeged.

Matthews, M.R.(1998): The Natura of Science and Science. Teaching In.: *International Handbook of Science Education* (szerk.: Fraser, B.J. – Tobin, K.G.) Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.

Nahalka István (1997): Konstruktív pedagógia - egy új paradigma a láthatáron I. II. III. *Iskolakultúra* VII. 2.,3.,4. sz.

Palló Gábor (1999): A Nobel-díj mítosza. *Népszabadság* Március 6. Hétvége

Polányi Mihály (1962/1994): *Személyes tudás* I.-II. Atlantisz Kiadó, Budapest.

K. R. Popper (1966/1997): *A tudományos kutatás logikája.* Európa Kiadó, Budapest.

Simonyi Károly (1978): *A fizika kultúrtörténete.* Gondolat Kiadó, Budapest.
Vekerdi László (1997): *Így él Galilei.* Typotex Kiadó, Budapest.

5. A FIZIKATANÍTÁS KONSTRUKTIVISTA ALAPJAI

NAHALKA ISTVÁN

5.1. A konstruktivista pedagógia kialakulása

Könyvünk fizikai szakmódszertan paradigmákat tárgyaló fejezetében már bemutattuk, hogyan formálódtak évszázadokon, sőt évezredeken keresztül azok a tanulásfelfogások, amelyek a mindenkori gyermekek nevelése során érvényesültek. Bemutattuk az *ismeretátadás*, a *szemléltetés* és a *cselekvés pedagógiáját*, valamint elkezdtük a *konstruktivista szemlélet* felvázolását. Láttuk, hogy a tanulásról alkotott elképzelések lényegesen különböztek egymástól abban, hogy mit tartottak a tanulás forrásának, hogy milyen közvetítő mechanizmusokat, és közegeket képzeltek el, hogy minek a változását tekintették tanulásnak, s hogy mindezt milyen ismeretelméleti (episztemológiai) alapokra építették. A különbségek leírásának éppen ez utóbbi a leglényegesebb szempontja, napjainkban, a konstruktivista tanulásszemlélet formálásával éljük át a legnagyobb váltást, s ez az ismeretelméleti alapok gyökeres megváltoztatását jelenti.

A három megelőző (de a gyakorlatban s részben a kutatásokban is, még ma is jelentős hatást kifejtő) szemléletmód egyaránt objektivista felfogás: a tudás forrását a szubjektumon, vagyis a megismerő emberen kívülre helyezi, valamilyen közvetítő folyamatot feltételez, illetve a tudást objektív jelleggel ruházza fel, vagyis úgy képzeli, hogy a valóságról szerzett ismeret valamilyen értelemben hű tükörképe annak. A konstruktivista tanulásszemlélet ezzel szemben a tudás keletkezését *belső konstrukciós folyamatnak* tartja, az empíriát, a külvilággal való kapcsolatot valódi kölcsönhatásként képzeli el, amelyben a tanulás nem egyszerű bevetítődés, tükrözés, hanem önálló alkotás, eredménye a *szubjektív világkép*, s nem valamifajta objektívnek tekintett ismeret.

Ez tehát a talán legújabbnak tekinthető, e fejezetben részletesebben is bemutatandó konstruktivista pedagógia ismeretelméleti alapja. A bevezetésben részletesebben is bemutattuk ezt az episztemológiai (ismeretelméleti) kiindulópontot, itt most rátérhetünk a pedagógiai alkalmazás fizika szakmódszertant legközelebbről érintő kifejtésére.

A konstruktivista gondolkodásmód atyja *Jean Piaget*, a svájci pszichológus, aki magát szívesebben nevezte episztemológusnak. A 20. században mintegy 60 éven keresztül (a 20-as évektől egészen 1980-ban bekövetkezett haláláig) rendkívül intenzív kutatói tevékenységet folytató tudós, a század egyik szellemóriása teremtette meg azt az elméleti bázist, amelyre aztán a modern konstruktivizmus felépülhetett. Az emberi

gondolkodás fejlődéstörténetében természetesen már jóval korábban is megjelennek olyan gondolatok, amelyek ezen új ismeretelméleti rendszer felé mutatnak, vagy már ki is mondják annak lényegét, azonban a rendszeres kifejtés, a pszichológia és a pedagógia számára is megtermékenyítő elméletépítés mégiscsak Piaget érdeme. (Egyébként a filozófiatörténet olyan óriásai, mint *Giambattista Vico*, vagy *Immanuel Kant* tekinthetők a konstruktivista gondolkodásmód előfutárainak, ld. erről részletesebben: Glasersfeld 1995).

Jean Piaget fogalmazza meg először teljes egyértelműséggel, hogy *a gyermeki megismerés konstrukció*. Ő elsősorban olyan kognitív rendszerek konstrukciójában hitt, amelyek egész elmeműködésünket meghatározzák, egyfajta általános operátorok, mindenfajta konkrét „anyagon" ugyanúgy tudnak működni. Néhány példával illusztrálva: Piaget-t többek között az érdekelte, hogyan konstruálódnak meg azok a rendszerek, amelyek bármilyen entitásoknak vagy gondolati tartalmaknak a sorba rendezését, osztályozását teszik lehetővé, vagy amelyek segítségével állandónak tekintünk olyan, a fizikában is fontos szerepet játszó mennyiségeket, mint a folyadékok és a szilárd testek térfogata, vagy hogyan épülnek ki az olyan rendszerek, amelyek lehetővé teszik, hogy már meglévő tudásunkkal hipotéziseket alkossunk, illetve deduktív következtetéseket fogalmazzunk meg. Piaget tehát *a kognitív (értelmi) műveletek konstrukciójaként fogalmazta meg a konstruktivizmus alapelvét*.

Ma már másképpen viszonyulunk ehhez, s úgy gondolja a felfogás híveinek többsége, hogy a középpontban nem kognitív operátorok, hanem *tudásrendszerek* állnak (a kérdésre még visszatérünk, ott bővebb magyarázatot adunk). Ha tehát azt kérdezi valaki, hogy mit is konstruálunk meg magunkban, miközben tanulunk, akkor ma egyértelműen azt válaszolják a konstruktivisták, hogy *tudást, ismeretrendszereket, elméleteket, világképet*. A konstruktivista pedagógia lényegének magyarázata során tehát arról kell szólnunk, hogy miképpen zajlik a tudás konstrukciója, mik a feltételei, milyen típusai vannak, mi lehet az eredménye, milyen körülményeket kell teremteni ahhoz, hogy optimálisan menjen végbe, s hogyan értékelhető a végeredménye.

5.2. A kognitív pszichológiai háttér

5.2.1. A „leváltott paradigma", a behaviorizmus

Ezen ismeretek kifejtése során gyakran alkalmazunk *kognitív pszichológiai* megközelítéseket. A kognitív pszichológia a 20. század '50-es éveiben jött létre a *behaviorista pszichológia* „ellenlábasaként".

Mint ismeretes, a behaviorizmus, mint pszichológiai paradigma „zárójelbe tette" az elmeműködést, mint nem hozzáférhető szférát kizárta a lélektani vizsgálódások köréből. A pszichikum működését megkísérelte leírni az embert érő ingerek, a rájuk adott cselekvéses válaszok, s az azokat követő megerősítések (vagy büntetések) dinamikájának elemzésével (ld. részletesebben Pléh 1992). A behaviorizmus a tanulást úgy értelmezi, hogy az *inger - válasz - megerősítés* folyamatban rögzülnek bizonyos kapcsolatok, a többszöri ismétlés, a megerősítések végül is szinte „beleégetik" az agy

szerkezetébe az állandósuló kapcsolatokat. A megfelelő viselkedés a későbbiekben egyre gyorsabban és egyre tökéletesebben kiváltható lesz. Látható, hogy a tanulásnak ez a felfogása is lényegében *induktív-empirista alapú megközelítés*, a pedagógiai elméletek közül a leginkább a cselekvés pedagógiájához áll közel. Az ingerek cselekvést váltanak ki, e cselekvéseknek következményeik lesznek, amelyek visszahatnak a tanuló gyermek fejlődő pszichikus rendszereire.

A behaviorizmus a *nyelvet* is igyekezett megmagyarázni olyan tanult rendszerek működésével, amelyek sok kis inger-válasz-megerősítés jellegű tanulás eredményeként alakultak ki. Egy „zseniális húzással" *a gondolkodást belső beszéddé minősítette*, amivel a legmagasabb szintű emberi funkciót sikerült visszavezetnie az egyszerű sémára.

A behaviorizmus egy rendkívül következetes, alaposan kidolgozott pszichológiai elmélet, önmagában - tudomásunk szerint - ellentmondásmentes. A konstruktivizmus intenciói szerint eljárva nem kérdezhetjük meg, hogy *igaz-e*, csak azt, hogy *adaptív-e* ez az elmélet. Adaptívnak volt tekinthető több mint fél évszázadon keresztül, a 20. század első felében, amikor is egyértelműen meghatározta az Európán kívüli világban, s elsősorban az Amerikai Egyesült Államokban a pszichológia fejlődését. Korlátai azonban a század közepére egyértelművé váltak, az elmeműködés mélyebb megértése a keretei között már nem volt elképzelhető, az empirikus tapasztalatok más értelmezéseket is megengedtek, illetve jó néhány esetben a behaviorizmus előrejelzései nem váltak be. Ilyen esetekben van szüksége egy tudománynak egy új paradigmára, s ez az '50-es években meg is született (Pléh 1992). Ez *a kognitív pszichológia*.

5.2.2. A „leváltó paradigma", a kognitív pszichológia

A kognitív pszichológiát mindenek előtt az érdekli, hogy mi történik az inger és a válasz között. Ez a történés nem más, mint *információfeldolgozás*. A különböző formákban érkező fény-, hang-, tapintási-, szag- és íz-ingerek nagyon sok információt jelentenek az emberi elme számára, s ezeknek olyan belső feldolgozása szükséges, amely a *környezet értelmezését*, a *történések előrejelzését* és a *cselekvés irányítását* lehetővé teszi.

Nem véletlen, hogy az elmeműködés és a *számítógépben zajló folyamatok* között kezdettől párhuzamot vonnak a kutatók, sőt a számítógép hasznos segítőeszköze lesz a kognitív pszichológiának. Nem csak, mint a tanulmányok szövegeinek szerkesztése során használható, hanem elsősorban, mint *az elmeműködés részleteit modellezni képes eszköz*. Ez a modellezés sokszor megfelelő programokkal történik, de sokan vontak már párhuzamot az emberi kogníció és a számítógép fizikai működése között is (ez utóbbi elképzelések azonban - legalábbis a Neumann-architektúrájú gépek esetében - hiábavalóknak, hamisaknak bizonyultak).

Hogyan zajlik az információfeldolgozás? Milyen egymástól eltérő felfogásmódjai, paradigmái léteznek ennek, s tulajdonképpen miért is érdekes ez az egész a számunkra? Természetesen itt nem akarunk részletes ismertetést adni a kognitív pszichológia óriási ismeretanyagáról (ld. Pléh 1998, Eysenck és Keane 1997, Pléh 1996). Csak néhány, számunkra fontosabb kérdést vetünk fel.

5.2.3. A kognitív pszichológia fejlődésének szakaszai, korai és modern kognitívizmus

A kognitív pszichológia fejlődése is két szakaszra bontható (legalábbis bizonyos szempontokból történő elemzés során). A *korai kognitívizmust* tudományelméleti szempontból még a *pozitivizmus* jellemzi. (A pozitivista szemlélet lényegében azonosítható az ismeretelméleti szempontból *objektivista*, az objektív tudományos ismeret megalkotásában hívő, a megismerési folyamatot *induktív-empirista* alapokon értelmező tudományképpel.)

A kognitív pszichológiát *az élő megismerő rendszerek tudományának* is tekinthetjük. A korai kognitívizmus hisz e megismerő rendszerek azon tulajdonságában, hogy a valóságról egyfajta *hű tükörképet készítenek*, vagy legalábbis képesek egyre finomabban, egyre pontosabb formában tükrözni az objektív valóságot. Ebben a megismerő rendszer azon részrendszerei játsszák a döntő szerepeket, amelyek az információfeldolgozás valamilyen részfeladatait látják el az ingerek fogadásától és átalakításától, a gondolkodási, problémamegoldási mechanizmusokon, a memória működtetésén keresztül egészen az izmok utasításáig.

A korai kognitívizmus felfogásmódjában a tudás reprezentációja, tehát ahogyan az emberi elmében a tudás „elhelyezkedik", tárolódik, nem más, mint *szimbólumok tárolása*. Amikor agyunk információfeldolgozást végez, akkor e szimbólumokat manipulálja, ezekkel végez műveleteket. A szimbólumok valójában a világ egyedi tárgyainak, a róluk, és más létezőkről alkotott fogalmainknak, képzeteinknek, vagy akár még bonyolultabb struktúráknak felelnek meg. Létezik egy-egy szimbólum az alma, a hazaszeretet, a számítógép fogalmaira. Létezik szimbólum az elektromos töltés, az elektrosztatikus tér (mező), az elektromos potenciál, s hasonló fizikai fogalmakra, s ezeket birtokolva például kísérleteket tudunk tervezni és végrehajtani, fizikai problémákat tudunk megoldani. Az elképzelés nagyon szorosan kötődik a *valóságos emberi nyelvekhez*, a szimbólumok manipulálása - ha leegyszerűsítés is a kijelentésünk - lényegében *nyelvi működést* jelent.

A szimbólumokkal tehát műveleteket vagyunk képesek végezni, s ez azon múlik, hogy *e szimbólumok egymással erősebb vagy gyöngébb kapcsolatokat formálnak*. Itt rendkívüli módon leegyszerűsítettük a korai kognitívizmus megközelítésmódját, a valóságban az egymással is vitatkozó elméletek sokasága jelenik meg a tudásreprezentáció témájában. De e szinte már vészesen leegyszerűsítő bemutatás is érzékeltethette, hogy mi a lényege ennek a megközelítésnek, hogyan kapcsolódik rendkívül szorosan a nyelvhez, azokhoz a fogalmakhoz, amelyek az emberi gondolkodással foglalkozók számára már évezredek óta alapvető jelentőséggel bírnak.

A kognitív pszichológia fejlődésének második, napjainkban is tartó fejlődési szakaszát egy a szimbólummanipulációtól lényegesen eltérő elképzelés uralja, ez *az elmeműködés párhuzamos, megosztott információ-feldolgozó működésének paradigmája*. E szerint a megismerő rendszerek működésének mélyén sokkal elemibb, a nyelvhez nem oly szorosan köthető folyamatok zajlanak. Az idegsejtek, vagy azok nagyobb egységei bonyolult hálózatot alkotva párhuzamos, egyidejű feldolgozást végeznek. A működés tehát nem elkülönülő, a valóságos tárgyaknak, vagy fogalmainknak megfelelő egységek közötti „kommunikációként"

(szimbólummanipulációként) írható le, hanem *egy teljes hálózat „aktivitás-mintázatainak" kialakulásaként* (Pléh 1997).

Érdekes módon az elmeműködés ilyen, az angol megnevezés alapján PDP (Parallel Distributed Processing) megközelítésnek nevezett elmélete, a konkrét működésmód a fizikusokat is rendkívüli módon érdekli. Az idegsejtek, illetve bármilyen információfeldolgozáson alapuló elemek segítségével felépülő hálózatok működésében sok a fizikai analógia, a visszacsatolásokat leíró differenciálegyenletek, a matematikai formulákban kifejezhető „hálózati tanuláselméletek" sok rokonságot mutatnak fizikai rendszerek leírásaival, továbbá a számítógépes szimuláció lehetőségei, pl. a véges automatákkal való szimulálás is izgalmassá teszik a fizikusok számára ezt a témát.

5.2.4. A számunkra fontosabb kérdés: hogyan épül fel a személyiség? Először a korai kognitívizmus szerint

Bár a tudásreprezentáció, vagyis, hogy milyen módon tárolja agyunk a különböző tudásokat, már kezdettől fontos, s végig nyugtalanító, ma sem igazából megoldott kérdése a kognitív pszichológiának, mégis az első paradigmában, a szimbólummanipuláció folyamatára építő gondolkodásmódban az elmeműködés magyarázatában inkább bizonyos *tudástartalmaktól független*, pontosabban a *minden tudástartalmon ugyanolyan módon működő műveletek, műveletvégző egységek vizsgálata* a meghatározó. Hogyan működik a problémamegoldás például, teszik fel a kérdést, s közben nem gondolnak arra, hogy mégis, milyen problémáról van szó. Nem gondolnak rá, mert keresik azokat az általános mechanizmusokat, amelyek az agyban működve magyarázatot adnak arra, hogyan oldunk meg akármilyen problémákat, hogyan tanulunk bármit, hogyan végzünk deduktív következtetéseket bármilyen témában és bármilyen helyzetben, stb.

Számunkra azért nagyon fontos ez a kérdés, mert a pedagógiai elméletek mintegy ráépülnek erre a gondolkodásmódra, s megszületik a *„képességpedagógia"* (ezt a kifejezést csak mi alkottuk most ideiglenes használatra, „munkamegnevezésként"). Ez azt akarja jelenteni, hogy a pedagógiai tevékenység *célrendszere* alakul át alapvetően, s a tudás, az ismeretanyag helyébe *az általános képességek fejlesztésének célja* lép. A rendkívül elterjedt, s valójában már a reformpedagógiák által is egyértelműen megfogalmazott igény, hogy ne ismereteket töltsünk a gyerekek fejébe, hanem általános képességeiket fejlesszük, a korai kognitív pszichológiától jelentős támogatást kap, mert ez a lélektani elméletrendszer megtalálni véli szinte már-már fizikai valóságukban azokat a kognitív műveleteket, amelyek a pedagógiai célrendszerek leírásaiban használt képességekhez, készségekhez, szokásokhoz, adottságokhoz, s hasonló személyiségjellemzőkhöz köthetők.

Ez a „képességpedagógia", vagy másképpen, a pedagógiában elterjedtebb módon megnevezve a *komplex személyiségfejlesztési paradigma* nagy sikereket könyvelhet el magának. Magunk nem ezt a szemléletet képviseljük, ezért nagyon részletes kifejtést itt nem adunk. Szólni kell azonban róla, mert ma Magyarországon a pedagógiai szakma (kutatás, fejlesztés, gyakorlat) nagy részét e gondolkodásmód jellemzi, illetve a hivatalos tantervek is egyértelműen ennek felelnek meg (ld. részletesebben Nahalka 1997).

A személyiségfejlesztés pedagógiája arra a feltételezésre épül, hogy elménkben vannak olyan *pszichikus operátorok,* amelyek *az információ konkrét tartalmától függetlenül végzik annak feldolgozását*, s produkálják kimenetként mindazt, amit az emberi elmeműködés eredményeinek tekintünk. E pedagógiának mindenekelőtt tisztáznia kell, hogy ezek a kognitív rendszerek hogyan épülnek fel, milyen a struktúrájuk. Már említettük, hogy maga Piaget is így képzelte el a pszichikus működést, s maga adott is egy leírást arról, hogy milyen struktúrák épülnek ki az emberben, hogyan látják el feladataikat, s mindezek a rendszerek hogyan fejlődnek (Piaget 1993).

Hazánkban *Nagy József*, a szegedi József Attila Tudományegyetem tanára dolgozott ki olyan személyiségelméletet, amely a kognitív pszichológia előbb leírt alapfelfogására épül, s szintén ad egy - részben Piaget elméleti alapjaira épülő - nagyon is áttekinthető, jól leírható rendszert a pszichikum működésére (Nagy 2000, 1996, 1990). Nagy József szerint a kogníció (a megismerő rendszer működése) olyan *elemi műveletekből* épül fel, amelyek a lehető legegyszerűbbek, tovább már nem bonthatók. Ilyen művelet pl. egy szám rákövetkezőjének a megadása, egy fizikai kísérlet egy elemi mozzanata, egy képlet felismerése. Ezek az elemi műveletek rendszerekké szerveződnek, bonyolult, hierarchikus struktúrákat alkotnak, s valójában belőlük állnak össze rendkívül összetett pszichikus működéseink, az *adottságok,* a *szokások,* a *készségek* és a *képességek*. A személyiség szerkezetét mindenek előtt az utolsónak említett pszichikus struktúrák, a *tanult,* a *kontextustól és a tartalmaktól független képességek* határozzák meg. Nagyon sok képességünk van, ezek maguk is összekapcsolódnak, sőt hierarchikus struktúrákat alkotnak (pl. a tanulási képesség valójában egy képességrendszer). Nagy József szerint még az ismereteink is sajátos pszichikus műveletek, amik a ráismeréssel, az azonosítással állnak szoros kapcsolatban.

Ebben a képben tehát a személyiség felépítése, architektúrája mindenekelőtt a kontextus- és tárgyfüggetlen (a helyzettől és a speciális tartalomtól nem függő) képességek által meghatározott. A pedagógia számára automatikusan adódik a feladat: a fő cél a képességek rendszerének formálása a nevelés folyamatában, annak a cél és eszmerendszernek megfelelően, amit éppen a nevelőmunka a sajátjának vall. *Tanterveket* úgy kell készíteni, hogy középpontjukban a képességfejlesztés álljon. A *tanári tervezésnek* elsősorban az olyan tevékenységekre kell összpontosítania, amelyek az általános képességek fejlesztését szolgálják. Egyáltalán: a pedagógiai gyakorlat legfontosabb eleme a *cselekedtetés,* a *tanulói tevékenység,* mert ennek komplex volta képes csak megteremteni a képességek fejlődéséhez az optimális feltételeket. Az *értékelés* ne egyszerűen azt mérje, hogy mit és mennyire tud a tanuló, ne az ismeretek meglétét és szilárdságát mérje, hanem azt, hogy az adott területen tudja-e és milyen szinten tudja alkalmazni a tanuló a képességeit, s ezek milyen színvonalat értek el.

Ez egy következetes, nagy hatású paradigma. A fizika oktatásában pl. azt jelenti, hogy fejlesztenünk kell a gyerekek azon képességeit, amelyek a fizikai ismeretek alkalmazásával kapcsolatos problémák megoldását teszik lehetővé. E szerint nagy jelentőségű lesz általában a *problémamegoldás* képességrendszerének fejlesztése, a *feladatmegoldáshoz* szükséges képességrendszer, a *fizikai kísérletek végzéséhez* szükséges képességek alakítása, a *jelenségek magyarázatát* lehetővé tevő pszichikus rendszerek formálása, stb. Izgalmas feladat a NAT, a kerettantervek, vagy bármilyen

más tanterv ilyen szempontú vizsgálata: vajon megfogalmaz-e ilyen, általánosan fejlesztendő képességeket, melyek ezek, mennyire széleskörűek (vagy csak koncentrálnak valamilyen területre, pl. a tudományos megismeréshez szükséges képességekre), stb.

5.2.5. A személyiség architektúrája a modern kognitív pszichológia szerint

Az itt leírt, s általunk „képességpedagógiaként" megjelölt gondolkodásmód tehát nagyon is adaptív, képes pozitív hatást gyakorolni az oktatási folyamatra, tantervek korrekt szerkesztését segítheti, a tanári tervezés számára lehet útmutató, s az értékelés feladatait is nagymértékben támogathatja. Vajon miért van az, hogy mi ebben a könyvben mégsem ennek a sikeres, és nagy mértékben elterjedt pedagógiai elképzelésnek a talaján fogalmazzuk meg mondanivalónkat? Azért, mert nem ebben hiszünk. Elismerjük hatékonyságát, de nem hisszük, hogy az elme így működik, nem hisszük, hogy a pedagógia feladatait ennek megfelelően kellene megfogalmazni. Mi egy egészen más gondolkodásmódot ajánlunk.

Ahogy bemutattuk, a korai kognitívizmus kereste azokat az általános mechanizmusokat, amelyek megmagyarázhatják az emberi elme működését. *A modern kognitívizmus nem hiszi, hogy lennének ilyen mechanizmusok, általános struktúrák az agyunkban*. Kicsit szarkasztikusan fogalmazva: nem hiszi, hogy lenne az agyunk egyik elkülönült szegletében egy tanulógépünk, egy másik sarkában egy problémamegoldó gépünk, s hogy nem lenne más feladatunk, mint az ilyen és hasonló gépeket állandóan nyersanyaggal tömni. Így persze a korai kognitív pszichológia képviselői sem gondolták, mégsem kell nagyon nagy fantázia ahhoz, hogy elképzelésükhöz egy ilyen kicsit mulatságos képet társítsunk.

A modern kognitív pszichológia *az információfeldolgozás tudástartalomhoz és konkrét szituációhoz (kontextushoz) kötöttségében hisz*. Képességeink vannak, de azok nem valamilyen elkülönült, minden szituációs és tartalmi kötöttségtől mentesíthető kognitív operátorok, hanem erősen *tartalom- és kontextusfüggő* „valamik". Úgy képzelhetjük el, hogy az információfeldolgozást mindig konkrét tartalomhoz és szituációhoz kötött, specifikus tudásrendszerek végzik, s e tudásrendszerek minőségétől függ valójában a működés eredményessége. Amit mi a feladatmegoldó képességrendszer működéseként „érzékelünk", az nem más - e másik elképzelés szerint -, mint a konkrét feladatokhoz köthető tudásrendszerek működése.

Lehet jó a feladatmegoldó képességem a mechanikában, mert a mechanikai tudásrendszerem jól fejlett, sok tudás van benne, az egyes ismeretek jól összekapcsolódnak egymással, könnyen előhívhatók, kötődnek a matematikai megformálással kapcsolatos tudásrendszeremhez is, de kötődnek a mozgásokkal kapcsolatos hétköznapi ismereteimhez is. Ugyanakkor lehet, hogy rosszul teljesítek a feladatmegoldás terén a termodinamikában, mert éppen, hogy csak elég az ismeretem, kevés a kapcsolat közöttük, kicsit elszakadt ez a terület más tudásterületektől. A matematikai formalizálás innen nehezen hívható elő, a szöveges feladatokban szereplő életszerű szituációkat nehezen tudom kezelni, mert hétköznapi ismeretrendszereimhez rosszul vagy ellentmondásosan kötődik a termodinamikai tudásom. A példa talán

érzékelteti, hogy a modern kognitívizmus milyen távol áll az általános képességek létének feltételezésétől, s mennyire más architektúrájúnak (felépítésűnek) gondolja a személyiséget.

A személyiség tehát, mint rendszer, mindenek előtt *tudás alapú*. Tudásrendszerek bonyolult, kinek többé, kinek kevésbé rendezett struktúrái építik fel elménket, s produkálják mindazt a külső megnyilvánulásokban is tetten érhető működést, amit kogníciónak nevezünk. Ahogyan megnyilvánulnak, azt lehet képességnek nevezni, de csakis egy konkrét kontextushoz és tartalomhoz kapcsolva.

Ugyanakkor ez a tartalom és ez a kontextus amellett, hogy konkrét, meglehetősen *általános* is lehet (vigyázat, a konkrét és az általános nem ellentétei egymásnak, a konkrétnak az elvont, az általánosnak az egyes az ellentéte). Általános tudás pl. az, hogy minden fizikai egyenletben a két oldalon ugyanolyan dimenziójú mennyiségeknek kell állniuk. Ez az ismeret minden fizikai egyenletre, egyenlőségre vonatkozik. Meglehetősen általános tudás az, hogy egy fizikai probléma megoldása során érdemes megkeresni azt a fizikai szaktudományos területet, amely a legadekvátabbnak tűnik a megoldáshoz. Vannak tehát olyan ismereteink (vigyázat, ismeretek és nem képességek), amelyek *igen sok „tárgyra" vonatkozhatnak*, a jelenségek, a fogalmak, fizikai tárgyak igen széles köre esetében használhatók, érvényesek.

E fontos tudáscsoporton belül is különösen figyelmet érdemelnek azok a tudáselemeink, amelyek összességének neve a kognitív pszichológiában *metakogníció*. Ez a fogalom azon tudásunkat jelenti, amit *saját magunk és mások kogníciójával (gondolkodásával, tanulásával, problémamegoldásával, kommunikációjával) kapcsolatban birtokolunk*. Tudhatjuk, hogy milyen úton, módon szoktunk fizika feladatokat megoldani. Tudhatjuk, milyen gondolkodási trükköket érdemes bevetni egy-egy nehezebb probléma megoldása során. Lehet arról ismeretünk, hogy elsősorban milyen tanulási stílus felel meg nekünk a legjobban, s követhetjük mindenfajta tanulás során ezt a stílust.

E ponton a kétféle paradigma egészen közel kerül egymáshoz. A modern kognitív pszichológia ugyan nem fogadja el, hogy lenne általános problémamegoldó „gépezet" az agyunkban, azonban azt maga is úgy gondolja, hogy létezik valamilyen képünk, felfogásunk a problémamegoldással kapcsolatban, ezt a tudásunkat (hangsúlyozzuk: tudásunkat, és nem képességünket) használni is tudjuk a fizikai problémák megoldása során. De maga a problémamegoldás már specifikus fizikatudományi tartalmak mozgósítását igényli, tehát tudásterület-specifikus, s még a szituációtól is függő jelenség.

Mint korábban láttuk, a korai és a modern kognitívizmus más területeken, így elsősorban a tudás emberi elmében való reprezentálása kérdésében is megkülönböztethető egymástól, s ez a kifejezetten lélektani jellegű ismertetésekben fontosabb is, mint amit itt mi középpontba helyeztünk. Véleményünk szerint azonban a tudásterület- és kontextusfüggőség éppen a pedagógiai alkalmazások miatt fontosabb a számunkra. További tájékozódást nyújt a ma már magyar nyelven is hozzáférhető kognitív pszichológiai szakirodalom (ld. elsősorban Pléh Csaba nevéhez fűződő műveket, illetve Eysenck és Keane tankönyvét).

5.2.6. A szakértő - kezdő különbség fontossága

A modern kognitív pszichológia a tudásrendszerek és azok alkalmazása kérdéseit tekintve széles körben alkalmazza a *szakértői és a kezdő típusú gondolkodás* megkülönböztetését. Érdekes, hogy a fizika tanulása éppen az egyik kedvelt kutatási terület, így pontosan témánk szempontjából rendelkezünk viszonylag sok ismerettel.

A fizika tanulásában kezdők (pl. a kezdő egyetemi vagy főiskolai fizika szakos hallgatók többsége, vagy a fizika iránt érdeklődő középiskolások) gondolkodását meghatározza az általuk birtokolt tudásrendszerek minősége. Összehasonlítva a fizikával „hivatásszerűen" foglalkozó fizikusok, vagy a fizikai ismereteket valóban magas szinten elsajátító végzősök tudásával, a kezdők kognitív rendszerei sokkal *kevesebb tudáselemet tartalmaznak*, s még e kevesebb elem *összerendezettsége is gyengébb*, a kapcsolatok hálózata *ritkább*, a teljes fizikai tudásrendszer *elkülönülő területekre bomlik, kevés a kapcsolat* nem fizikai tudásterületekkel, s általában igaz, hogy *a kapcsolatok gyengébbek*.

A kezdők tudása tartalmazhat olyan elemeket, amelyeknek működése két, fizikai szempontból ugyanazon problémát formulázó feladat megfogalmazása esetén más és más eredményekhez vezethet, mert a speciális kontextus az egyik esetben az egyik, a másik esetben a másik tudásrendszer információfeldolgozásba való bekapcsolódását eredményezi. Például egy szakértő az ugyanolyan matematikai szerkezetű problémamegoldások esetén észreveszi a hasonlóságot, és felhasználja az egyik területen szerzett tudását a másik terület egy problémájának megoldásában, a kezdők rendszerint nem veszik észre ezt a lehetőséget. A szakértők tudásrendszere ennél sokkal jobban összehangolt elemekből épül fel, *szinte egy teljesen összeolvadt, egységes rendszerről* van szó, a szakértők problémamegoldásai *koherensek*.

A kezdők általában speciális, egy-egy szűkebb területre jellemző elveket használnak fel a problémamegoldások során. A szakértők ezzel szemben *sokkal általánosabb elvekből indulnak ki*, problémamegoldásuk logikája sokkal egyértelműbben követi a *deduktív* utat, ennek lépései *explicitek*. A kezdők problémamegoldásai is deduktív folyamatok, de a felhasznált elvek nagyon gyakran rejtettek maradnak, nem válnak tudatossá.

A kezdők még viszonylag gyakran alkalmazhatnak olyan megfontolásokat, amelyek sokkal inkább jellemzik a gyermektudományt, és sajátos gyermeki elképzeléseket jelentenek, s különböznek a tudományos megfontolásoktól. A szakértők ezzel szemben tudományosan - valamilyen szinten - *elfogadott elméleteket birtokolnak és használnak* minden problémamegoldás során.

Az iskolai fizikatanítás feladata természetesen az, hogy *az itt jellemzett szakértői tudásrendszerhez minél közelebb vigye a tanulókat*. Ez a kijelentésünk esetleg megtévesztő lehet, hiszen könyvünk más részeiben éppen, hogy magunk mondjuk: vigyázzunk, nem szabad a nagy többségre ráerőszakolni azt, amit a fizikát majd felnőtt korában hivatásszerűen űző vagy alkalmazó kisebbségtől megkövetelünk. Természetesen a nagyon magas szintű fizikai tudásrendszer, a magas szakértői szint elérése nem lehet feladat a legtöbb tanuló esetében, általános iskolában senki nem érheti el a szakértői szintet (kivéve talán az egészen kivételes zseniket), középiskolában a fizika iránt érdeklődők közül is nagyon kevesen, s csak az egyetemi, főiskolai szintű fizika szakos képzés tűzheti ki célul a szakértői szint elérését.

Ez ugyan logikus megfontolásnak tűnik, azonban a szakértői szintet nekünk nem a fizikusok, vagy a mérnökök igényei alapján kell kijelölnünk a közoktatásban. Itt arról van szó, hogy a többség a fizikai ismereteit a hétköznapi jelenségek közötti eligazodásra, egy tudatos állampolgári szerep betöltésére, a fizikai ismereteket igénylő társadalmi, kisközösségi és egyéni döntései során fogja használni. Tudásának ezen igény szerint kell „szakértői szintűnek" lenni. Hogy ez pontosan mit jelent a fizika tantervek szempontjából, az rendkívül nehéz kérdés, mert a fizikatanítás története nem más, mint szakadatlan egymásutánja azon kísérleteknek, hogy a leendő fizikusoktól megkövetelt ismereteket hogyan lehetne megtanítani a leendő esztergályosoknak, gépírónőknek, jogászoknak és gyárigazgatóknak. Nincs jelentős tapasztalatunk abban, hogyan lehet úgy tantervet készíteni, s úgy tanítani, hogy az általános társadalmi-, közösségi- és állampolgári alkalmazás szempontjából szakértői szintű tudás konstruálódjék meg a tanulók többségében.

5.2.7. Vannak-e velünk született képességeink, ismereteink?

Még egy kérdést tárgyalunk meg a fizikatanítás pedagógiáját, szakmódszertanát megalapozó kognitív pszichológiai kérdéskörök közül, egy régi általános tudományos és ideológiai kérdést, hogy vajon vannak-e velünk született képességeink, vagy mindent a világrajövetelünk után tanulunk meg. A kérdés egyrészt fontos abból a szempontból, hogy ha az utóbbi lenne igaz, az *cáfolná a konstruktivizmust*, hiszen a kezdeti tanulás nem lenne megmagyarázható a meglévő kognitív struktúrák működésével, „nem lenne mivel" konstruálni a tudást. Másrészt azért fontos e kérdés számunkra, mert *a fizikai világ megismerésének folyamata*, pontosabban ennek *tudományos és pedagógiai gyakorlati szemlélete* lényegesen függ attól, hogy milyen a genezise annak, ahogyan szemléljük a környezetünk folyamatait. Gondoljunk pl. arra, hogy fontos kérdés a mozgás folytonosságára vonatkozó szemléletünk (és elvárásaink) kialakulása, hogy miért és mikortól gondoljuk a környezetünkben lévő tárgyakat egységeseknek és a szilárd anyagúak esetében áthatolhatatlanoknak, mikor és hogyan alakul ki az a szemléletünk, amely akkor is létezőnek gondolja a tárgyakat, ha azok nincsenek a látóterünkben, s van-e már megszületésünkkor „képünk", „elgondolásunk" a gravitációról, a testek eséséről. Talán ez a pár példa meggyőző lehet a születéskor már meglévő vagy nem meglévő képességek és tudás kérdésének fontosságát illetően.

A tudomány és a hétköznapi gondolkodás történetében is két élesen eltérő elképzelés harcával jellemezhető a fenti kérdésre adott válaszok históriája. Nem követjük végig a problémára adott válaszokat az emberi gondolkodás történetében, csak nagyon röviden jellemezzük ezt a két gondolkodásmódot. A *születéskor determinált gondolkodási tulajdonságok, képességek, esetleg tudás, sőt világkép létében való hit* az egyik markáns nézet. Rendkívül különböző elképzelések tartoznak ide, közös bennük azonban, hogy az emberi személyiséget előre meghatározottnak gondolják, természetesen felfogásmódtól függően nagyon különböző mértékben. A lényeg, hogy e gondolkodásmód szerint vannak előre „kódolt" ismereteink, személyiségjellemzőink, életünk során csak kibontjuk, gazdagítjuk ezeket. Ez a gondolkodásmód sok esetben kötődött merev, antidemokratikus társadalomfelfogásokhoz is, amennyiben meglévő hatalmi és gazdasági struktúrákat legitimáló, a kiváltságokat egyik nemzedékről a

másikra átörökítő szerepe is volt annak, hogy a műveltség megszerzésére való hajlamot, a kiválóságot, s a hasonló tulajdonságokat öröklődőnek állították be.

Az emberi gondolkodás történetében azonban megjelent e gondolatnak az abszolút tagadása is, amely szerint mindenki egyenlőnek születik, s a nevelkedésének körülményei hozzák létre azokat a különbségeket, amelyek másoktól eltérővé teszik. Ennek a gondolatnak is egy szélsőséges válfaja, hogy egyáltalán nem öröklünk semmit, e felfogásnak legalábbis a kognitív működés szempontjából egy markáns képviselője volt éppen Jean Piaget.

Már korábban megfogalmazódtak azok az elképzelések, amelyek a két szélsőségtől eltérően valamilyen közbülső megoldást kerestek. Az öröklésre vannak triviális példáink, hiszen a feltételes reflexeink egy részét örököljük, génjeink már meghatározzák ezek kiépülését. A kibékítő megfontolások szerint vannak bizonyos - közelebbről általában nem meghatározott - jellegek, amelyeket akár kognitív tulajdonságainkkal is összefüggésben öröklünk, ezek azonban csak *diszpozíciók, adottságok*, amelyek csak akkor válhatnak valóra, akkor teljesedhetnek ki, ha a nevelés folyamata, a környezet hatása megfelelő lesz. A nevelés, tágabban a szocializáció eredménye az ilyen kibékítő felfogások többsége szerint nagyobb hatású, mint az öröklődés, még arányszámokra vonatkozó becslések is napvilágot látnak.

A kutatásoknak azonban van egy olyan területe, amely igyekszik a lehető legkonkrétebb módon megragadni a kérdést. Ha van valami, ami már születésünkkor is adott, akkor pontosan mi az - teszik fel a kérdést ezek a kutatók. Nem filozofálni akarnak a kérdésről (s ezzel nem akarjuk lebecsülni a filozofálást), hanem konkrétan megvizsgálni az egyes elgondolások érvényességét. Ez a kutatás elméletileg rendkívül megalapozott, s kutatásmódszertanilag alaposan kidolgozott, mintapéldája a deduktív jellegű kutatási stratégiáknak. Arról van szó ugyanis, hogy *az ezekben a kutatásokban vizsgált kognitív teljesítmények születéskor való meglétét feltételezik a kutatók*, s ebből kiindulva fogalmaznak meg olyan *következményeket* (deduktív levezetéssel), amelyek már *empirikusan vizsgálhatók*. Nézzünk erre egy példát!

Tegyük fel, hogy azt a kognitív teljesítményt kívánjuk vizsgálni, hogy a kicsi gyermek a szilárd anyagú tárgyakat *áthatolhatatlannak* gondolja. Tegyük fel, hogy a megszületett újszülött, illetve a csecsemő agyában már van egy olyan információ-feldolgozó apparátus, ami az alapján végzi a tevékenységét (pl. jelzi előre a csecsemő látóterében bekövetkező eseményeket), hogy közben felhasználja azt az elméletet, hogy a szilárd anyagú tárgyak áthatolhatatlanok, egymásnak ütköznek, s nem hatolnak egymásba, ha találkoznak. Ha ez igaz (még mindig csak elméleti feltételezésről van szó), akkor a csecsemő jól előre tudja jelezni pl. azt az eseményt, hogy ha egy függőleges lap eldől, s az útjában van egy téglatest alakú tárgy (mondjuk egy tégla), akkor az eldőlő lap nem hatol át a téglán, megáll, amikor eléri annak egyik élét. Ha ilyet lát a csecsemő, akkor az a belső elméleteinek megfelelő, általa előre jelzett eseményt jelent, s nem okoz számára különösebb meglepetést.

Állítsunk elő azonban - pl. számítógép monitorán szimulálva - egy olyan eseményt, amelyben nem ez történik, hanem az eldőlő lap áthatol a téglán. Elméleti feltételezésünk szerint a csecsemő nem ezt várta, a jelenség nem egyezik meg előrejelzésével, az agyban nem futhat végig az információ-feldolgozás egy „sima úton”, más információ-feldolgozó apparátusoknak kell bekapcsolódni, az eredmény - ha egyáltalán lesz -

nagyon későn születik meg. Ez azt eredményezi, hogy a csecsemő ezt a furcsa jelenséget tovább nézi - ez a kutatási hipotézis. Azt kell tehát megvizsgálnunk, hogy mennyi ideig nézi a csecsemő a normális és a furcsa jelenséget - ez az empirikus vizsgálat.

A kísérletet - nagyon sok hasonlóval (Spelke és Van de Walle 1993, Spelke és mts. 1994, Cohen és Oakes 1993) együtt - elvégezték (Baillargeon 1993), s a konkrét esetben azt tapasztalták, hogy *a furcsa jelenséget a csecsemők valóban tovább nézték*. Ez az eredmény alátámasztotta azt a feltételezést, hogy *a csecsemők már a megszületéskor rendelkeznek a szilárd anyagú tárgyak áthatolhatatlanságának „elméletével"*. Vigyázat, a kísérlet nem igazolta ezt az állítást. Empirikus vizsgálati eredményekkel nem lehet igazolni elméleteket, természetesen ezt sem - legalábbis ezt kell mondanunk annak megfelelően, ahogyan mi ebben a könyvben is követjük a konstruktivista gondolkodásmódot. A kísérletek nem cáfolták a feltételezést, növelték a bizalmunkat benne, bizonyítékot szerezhettünk általuk a kialakított általános elképzelés adaptivitásával kapcsolatban.

Az előbb hivatkozott szakirodalomban megtalálható azoknak a kísérleteknek a gondos leírása, amelyekkel a szerzők bemutatják többféle, a fizikai világ felfogásával kapcsolatos elméletünk, elképzeléseink velünk születettségét, vagy legalábbis nagyon korai kialakulását. Így megtudhatjuk, hogy a tárgyak egységességére, a tárgyállandóságra, a nagyon egyszerű fizikai ok-okozati összefüggésekre, a mozgás folytonosságára vonatkozóan már nagyon korán van ismeretünk, valószínűleg már megszületésünkkor (az újszülöttekkel kísérleteket végezni nem könnyű feladat, bár pl. a tárgyállandósággal kapcsolatban pár órás újszülöttekről is vannak adatok). Gondoljunk bele, milyen nagy jelentőségű tudás kialakulásáról van itt szó a fizikai ismeretek megszerzése szempontjából. Amikor az iskolában tanítjuk a newtoni mozgáselméletet, akkor egy szót sem szólunk arról, hogy egy „hétköznapi" fizikai test mozgása csak folytonos pályával írható le, vagy hogy egy test ugyanabban az időpillanatban nem lehet egyszerre két helyen, s ugyanazt a helyet nem foglalhatja el két test. Hogy ezekről az ismeretekről nem kell beszélni (bár nem biztos, hogy ezt jól tesszük), azt köszönhetjük a nagyon korai fejlődésnek, e tudások valószínű velünk születettségének.

Tegyük fel, hogy adaptív módon írja le a valóságot az az elmélet, hogy mindezek a tudások már benne vannak a fejünkben, amikor megszületünk. Hogyan alakulhattak ki vajon? A tudományos meggondolások természetesen más utakat próbálnak járni, mint a misztikus, vallásos meggyőződések. Jelenleg két mechanizmust tudunk elképzelni a velünk születettséggel kapcsolatban.

Az egyik elképzelés a „gének képviselte kódba írva" képzeli el a tudást. E szerint az agy születés előtti fejlődésében a gének által irányítottan eleve kialakulnak azok a neuronkapcsolatok, amelyek szükségesek a fenti teljesítményekhez. Sőt, ez a folyamat mindaddig tart, amíg az idegrendszer kiformálódása, érése, a születés ebben nem jelent semmiféle határt.

A másik elképzelés rendkívül izgalmas. E szerint a génekben nincs beírva semmiféle tartalom, vagyis a gének nem specifikus idegsejt-struktúrákat hoznak létre, hanem sztohasztikus módon alakítják az idegsejtek közötti „kezdő" kapcsolatrendszert. E kapcsolatrendszernek inkább a „tömege" (a kapcsolatok mennyisége) állhat genetikai szabályozás alatt, s hogy az idegsejtek elsősorban szomszédjaikkal kapcsolódnak,

illetve szükségesnek tűnik még az érzékszervek és a kéreg, valamint a kéreg és a végrehajtó szervek közötti idegi kapcsolatok kialakulásának génszintű szabályozása. Ebben a kapcsolatrendszerben azonban még nincs olyan értelemben vett „tudás", amilyen értelemben ezt a tanult ismeretekre használjuk. Ez azonban nem jelenti azt, hogy ez a sztohasztikusan létrejött kapcsolatrendszer ne lenne egy hálózat, s a „felszínén" (az érzékszervek segítségével) megjelenő ingerület ne futna végig rajta, s ne alakítana ki valamilyen, a szervezet által produkált reakciót. Ez a reakció kezdetben nem adekvát, nincs semmiféle „értelmes kapcsolat" az inger és a reakció között. Elindulhat azonban egy tanulási folyamat, amelyben a véletlenszerű kapcsolatokból megerősödhetnek azok, amelyek kellemes hatásokat váltanak ki, s meggyengülhetnek azok, amelyek kellemetlenek a szervezet számára. Egy „másik nyelven" azt is mondhatjuk, hogy a véletlenszerűen kiformálódott hálózat az előzetes tudás, a tanulási folyamat során ennek az elemei megméretődnek adaptivitás szempontjából és egy természetes szelekciós folyamatban kiválogatódnak fokozatosan a nagyobb adaptivitással rendelkező elemek. A fejlődési folyamatok között ismerünk hasonlókat. Viszonylag jól alátámasztott elmélet ez a természetes szelekcióra alapozott elképzelés az immunrendszer kialakulásával kapcsolatban (Falus,A.. 1999), s formálódnak a nyelv tanulásával kapcsolatban is hasonló elméletek.

5.3. A konstruktivista pedagógia „tételei"

A konstruktivista pedagógia mára egy viszonylag jól megformált, empirikus vizsgálatokkal alátámasztott, s a gyakorlatban is teret nyert pedagógiai paradigmának tekinthető. Mint láttuk, legfontosabb állítása, hogy a tudás nem átadással, közvetítéssel, transzmisszióval kerül át a tanuló ember fejébe, hanem *a tudást minden tanuló ember maga konstruálja meg*. Világos, hogy ezen elmélet keretében minden olyan pedagógiai elképzelés csődöt mond, amely valamilyen módon a tudásközvetítésre épített. Nézzük meg ennek a nem tudásközvetítő gondolkodásmódnak a következményeit.

5.3.1. Az előzetes tudás szerepe a tanulásban

Már korábban is részletesen bemutattuk a konstruktivista pedagógia előfeltételezései közül azt, hogy a konstrukciós folyamatok nem igénylik valamilyen információknak a felvételét, mert *bármilyen tudást maga az a kognitív rendszer hoz létre* (intenzív kapcsolatban a külvilággal), *amely már létezik a konstruáló ember elméjében*. Az előzetes tudásnak tehát meghatározó szerepe van. Ez az előzetes tudás változik, formálódik, átstrukturálódik a konstrukciós folyamatok közben, s ebben nem a kívülről érkező ingerek az irányító szerepet betöltő tényezők, hanem maga ez az előzetes tudás. A jelenségeket mindig a meglévő tudásunknak megfelelően értelmezzük, *a jelenségek (a tapasztalati világunk elemei) a kiszolgáltatottak az értelmezési mechanizmusoknak, s nem fordítva.*

A tanulók képesek fizikai kísérletek eredményeit *másképpen látni*, mint ahogy azt a pedagógus interpretálja. Az ugyanolyan magasról elengedett, különböző tömegű testek közül a tanulók döntő többsége minden életkorban a nehezebbet látja leesni hamarabb,

még akkor is, ha műszerekkel kimutathatóan észlelési határon belüli időkülönbséggel értek talajt. (A levegő ellenállása miatt a nehezebb testek valóban hamarabb érnek le valamivel, de kifejezetten nagy tömegű, vagyis kilogrammos nagyságrendű testek esetében a különbség az észlelési határ alá kerül.)

Általános iskola alsó tagozatában tanuló gyerekek elhűlve tapasztalják, hogy két pohárból ugyanakkora mennyiségű, egyaránt 30 °C-os víz összeöntésekor a közös hőmérséklet 30 °C lesz, s nem 60 °C, ahogy ők jósolják, s elkezdik vizsgálgatni a hőmérőt, hogy nem hibás-e.

Ugyancsak a műszerek hibáira gyanakodnak akkor, amikor az egyenáramú körben, ha az áramkör zárt, egy vezetékdarab két csupasz pontjához kötve a voltmérőt 0 feszültséget mérnek.

Az általunk itt említett jelenségeknek nem az az oka, hogy a gyerekek valamit nem tanultak meg jól, rosszul gondolkodnak, nem elég alaposak, vagy valami hasonló, hanem az előzetes tudásuk, a meglévő kognitív rendszereik állapota, adott tartalma határozza meg gondolkodásukat. A gyermektudománnyal kapcsolatos fejezetben részletesebben is megmagyarázzuk, milyen előzetes elképzeléseket, elméleteket hordoznak magukban a gyerekek, amikor a fizika itt szóba került ismereteit tanulják, s hogyan befolyásolják ezek a struktúrák - ebben az esetben negatívan - a jelenségek megértését, s tudományosnak megfelelő magyarázatát.

A konstruktivizmus nagyon fontos mondanivalója tehát az, hogy *szinte minden témában létezik előzetes tudás*, és az *döntő meghatározója a tanulási folyamatoknak*. A fizikatanár hiheti azt, hogy a gyerekek tudata egy üres lap, amelyre most az okos magyarázatok segítségével kell felírni a fizikai világra vonatkozó ismereteket. Hiheti ezt, és cselekedhet is ennek megfelelően, de akkor számolnia kell azzal is, hogy nemsokára konfliktusok jönnek létre a gyerekek világlátása és a magyarázatok között, a gyerekek képtelenek lesznek megkonstruálni az új tudást (átalakítani meglévő elképzeléseiket), mert a tanítás a tanulás itt jellemzett dinamikáját nem veszi figyelembe.

Az eredmény lehet az, hogy nemsokára a gyerekek egy jó része belefárad abba, hogy hiábavaló erőfeszítéseket tegyen a tanár magyarázatainak értelmezésére, a tudásrendszer olyan átalakítására, amelyben a tanár tudományos látásmódja a meghatározó. Nem sikerül ez az egyeztetés, mert a tanuló *egészen másképpen gondolja*. Neki a mozgás fenntartásához mozgató hatásra van szükség, a hőmérséklet - mert szorosan összekapcsolódik az energia, a hő fogalmaival - összeadódó és nem kiegyenlítődő mennyiség, s a feszültség szinte azonos az áramerősséggel, úgyhogy ha van áram a körben, akkor nem szabadna sehol 0-nak lenni a feszültségnek.

Miközben tehát az előzetes tudás alapvető jelentőséggel bír, amennyiben „az az a hely”, ahol a konstrukciós folyamatok zajlanak („az előzetes tudás az, ami konstruál”), eközben nagyon sokszor *gátja lehet a tudományos elképzeléseknek megfelelő konstrukciók kialakulásának*.

5.3.2. A fogalmi váltások fontossága

Mint már leírtuk, tudásunk rendszereket alkot, nagyon bonyolult, hierarchikus és nem hierarchikus struktúrákban „helyezkedik el” az agyunkban. Ezzel kapcsolatban

nyugodtan beszélhetünk *elméletekről* (sőt akár *paradigmákról* is), hiszen szinte egészen pontosan azt a szerepet játsszák a formálódó kognitív rendszerek, mint az elméletek, a paradigmák a tudományban. Van elméletünk a mozgások elemzésére, előrejelzésére, van elméletünk a termodinamikai folyamatokra, van fénnyel kapcsolatos elméletünk, stb. Ez pusztán annyit jelent, hogy rendelkezünk olyan általános elképzelésekkel, amelyeket a környezetünkben zajló jelenségek *magyarázatára*, eredményeik *előrejelzésére* és *cselekvésünk irányítására* használunk fel. A hétköznapi életben a legtöbb esetben egyáltalán nem tudatosul bennünk, hogy mondjuk egy cselekvéssor kivitelezésekor éppen egy elméletből következtetünk arra, milyen végeredményei lehetnek az alternatív cselekvési elemeknek, s így igyekszik agyunk kiválasztani a megfelelő eljárást. Nem gondolunk rá, nem tudatosodik bennünk, ilyen elméletek azonban mégiscsak működnek.

A kisgyermek fizikai világgal kapcsolatos elképzelései számos ponton nem egyeznek meg azzal, amit a tudomány állít. Pontosabban a gyermek más következtetésre jut, más eredményt vár egy-egy jelenséggel kapcsolatban, mint a tudomány (a pedagógus, a tanterv és a tankönyv szerkesztője), s esetleg másképpen is cselekszik. A tanítás célja lehet az, hogy a tanulóban konstruálódjanak meg olyan elképzelések, elméletek is, amelyek a tudományos látásmódhoz hasonló következtetéseket, magyarázatokat, cselekvéseket eredményeznek. Azt a folyamatot, amelyben ilyen alternatív elképzelések konstruálódnak meg, s amelyben ezek az elképzelések, elméletek a megfelelő szituációk esetén működésbe is lépnek, *fogalmi váltásnak* (máshol: konceptuális váltás) nevezzük. A fogalmi váltás tehát egy *radikális gondolkodási átalakulás*, a világ egy részét, egy jelenségegyüttesét „elkezdjük másképpen látni", mint korábban.

Konceptuális váltás, amikor megtanuljuk, s el is fogadjuk (meggyőződésünkké válik), hogy a Föld kering a Nap körül, s nem fordítva. Ugyanúgy fogalmi váltás a newtoni mozgáselmélet valódi elsajátítása, tehát amikor tudatosan alkalmazzuk a komolyabb megfontolást igénylő mechanikai problémák megoldása során, legyenek azok iskolai fizika problémák, feladatok, vagy az egyéni élet során felmerülő, gyakorlatiasan megválaszolandó kérdések. Konceptuális váltásokat jelent az anyagszerkezet szemléletmódjainak lépcsőzetes kialakulása, vagyis amikor elfogadjuk, hogy az anyag nem folytonos, hanem kis golyókból áll; amikor elfogadjuk, hogy ezek a kis golyók nem is mindig azok, s van belső szerkezetük, atomokból állnak; amikor továbbmegyünk, s az atomokat kis bolygórendszerekként képzeljük el. Ezt az anyagszerkezeti modellekkel kapcsolatos sort mindenki tudná tovább folytatni. Konceptuális váltást kell átélnie annak, aki komolyan meg akarja érteni, mit jelentett a relativitáselmélet, vagy a kvantumelmélet megszületése a fizikában. A fizika tanulása (de ez így van minden tantárggyal) telis-tele van fogalmi váltásokkal, egész tantervek vázát alkothatják ezek a lényeges szemléletmódbeli váltások.

A fogalmi váltásokról tudni kell, hogy *nagy valószínűséggel soha nem jelentik a régi gondolkodásmód eltűnését, újjal való felváltását*. Megmarad a „régi" elképzelés is, bár lehet, hogy használatára nagyon ritkán kerül sor. Ilyen pl. a Föld gömbölyűségére vonatkozó elképzeléseinket megelőző lapos Föld képünk, amelyet a hétköznapi gondolkodás, problémamegoldás, kommunikáció során egyáltalán nem alkalmazunk, de pl. egy tesztben egy nehezebb feladat megoldása során „elővehetjük" a régen

elfeledettnek hitt elképzelést, s annak megfelelően oldjuk meg a feladatot, mert így sikert érünk el.

Az arisztotelészi mozgáskép sem tűnik el. A Newton elmélet nem szorítja ki azt, a mozgásokkal kapcsolatos, nem tudatos információfeldolgozásaink (pl. amikor átmegyünk az út egyik oldaláról a másikra) valószínűleg arisztotelészi és nem newtoni sémák szerint zajlanak. Ez még a legmodernebb fizikai elméleteket ismerő, azokkal dolgozó fizikusokra is nagy valószínűséggel igaz.

Inkább arról van tehát szó a fogalmi váltások során, hogy kiépülnek új elképzelések, elméletek, s fokozatosan egyre tisztább formában, egyre következetesebben rendelődnek hozzá a speciális helyzetekhez, amelyekben a használatuk indokolt, amelyben adaptívak. Ha át akarok menni az út egyik oldaláról a másikra, akkor a speciális relativitáselmélet használata e probléma megoldása során nem adaptív (eltévesztem a számítást, s ennek következtében elüt egy autó). Valószínűleg arisztotelészi módon oldja meg nem tudatosan a problémát az agyam. Ha a CERN gyorsítóberendezésében akarok kísérleteket végezni, akkor az adaptív elmélet a speciális relativitáselmélet, és teljesen hiábavaló próbálkozás lenne a newtoni mozgásleírást alkalmazni a részecskékre, s érdekes módon ebben az esetben az általános relativitáselmélet sem adaptív.

A fizikus szívesen szól ilyen esetekben *modellekről*, s a konstruktivista pedagógia hívei szívesen egyetértenek vele. Itt valóban modellekről van szó, amelyek alternatív formákban lehetnek jelen, s a konkrét cselekvések során történik meg a megfelelő modell hozzáillesztése a konkrét szituációhoz.

Konceptuális váltásokat elérni rendkívül nehéz feladat. Szükség van hozzá arra, hogy a tanuló lássa, hogy eddigi elképzelései bizonyos fontos esetekben csődöt mondanak. Ehhez persze az is kell, hogy lássa, jelenleg hogyan gondolkodik, milyen is az ő saját kis elmélete, s ezt ki is tudja fejezni egy elfogadható, érthető szinten (kommunikálni tudjon róla). Nagyon fontos feltétel, hogy ismernie kell az új elképzelést, az alternatív magyarázatot (ismeri, de egyelőre nem fogadja el). Az új elképzelést fokozatosan alkalmasnak kell látnia arra, hogy megmagyarázza mindazt, amit a régi elképzelés megmagyarázott. Az új elképzelésnek sikeresnek kell lennie a régi elképzelés által nem magyarázott jelenségek, tények, folyamatok magyarázatában. Az új elméletnek gyümölcsözőnek kell látszania, vagyis el kell hinnie a tanulónak, érzékelnie kell, hogy az új elképzelés alkalmas lesz később felmerülő problémák megoldására is. Nem tudunk másképpen fogalmazni: egyfajta „jó érzést” kell keltsen az új elképzelés a tanulóban, lehetőleg érezze át, hogy egy nagyhatású, sok mindenre alkalmas, logikus, „szellemi ökológiai elvárásokat” is kielégítő gondolkodásmódról van szó.

Ezek *nagyon kemény feltételek*, s valójában a legtöbbször már kevesebb is elég a fogalmi váltások létrejöttéhez. A tudomány nagy fogalmi váltásai, a tudományos forradalmak sem elégítik ki általában (szinte soha) mindezeket a követelményeket. Híres példa erre az, hogy a kopernikuszi rendszer, a heliocentrikus kép a kör alakú bolygópályákkal nem szolgáltatott olyan pontos előrejelzéseket, mint amilyeneket a ptolemaioszi világképre alapozott, sok évszázadon keresztül csiszolt számítások biztosítottak.

Bármilyen feltételei legyenek is a fogalmi váltásoknak, sokkal kisebb lesz a valószínűségük, ha a tanítás során a pedagógus és a tanulók nem hisznek abban, hogy ezek a nagy átalakulások szükségesek és fontos elemei a tanulásnak. Az a fizika tanár, aki elfogadja ugyan, hogy a gyerekek valahogyan gondolkodnak a mozgások kérdéséről, de ezt apró problémának, kellemetlenségnek tartja csupán, és sokkal fontosabbnak ítéli, hogy ő megfelelő magyarázatokkal mintegy belecsepegtesse a gyerekek tudatába a tudományos mozgásszemlélet elemeit, *végzetesen téved*. A lehető legpontosabban kell látnunk, hogy az éppen a tanulás tárgyát képező fizikai témában van-e szükség fogalmi váltásokra (ez a témától is, de a tanulók állapotától is függhet), milyen váltás szükséges, melyik tanuló hol tart ebben a folyamatban.

Nincs mese, fokozatosan ki kell alakítani azokat a feltételeket, vagy azoknak egy megfelelő részét, amelyeket az előbb soroltunk. *Beszéltetni kell* a gyerekeket meglévő elképzeléseikről. *Ütköztetni* kell az egymásnak ellentmondókat, pl. vitákat kell rendezni. Kétséget kell ébreszteni a gyerekekben azzal kapcsolatban, hogy vajon minden esetben beválnak-e az elgondolásaik. *Láttatni* kell, hogy létezik más lehetőség is az adott témában való gondolkodásra, s amennyire lehet, tisztán el kell magyarázni ezt az új elképzelést (itt bátran használhatunk hagyományos módszereket is). Ki kell alakítanunk a tanulókban egy *attitűdöt*, amely lehetővé teszi, hogy ugyanarról a jelenségvilágról képesek legyenek többféleképpen is gondolkodni, fogadják el, hogy az elméleteink csak modellek, s ilyen modell is létezhet több. Sok-sok megfigyelés, kísérlet, mérés szükséges ahhoz, hogy a tanulók egyre közelebb jussanak annak belátásához, hogy az újonnan elsajátított értelmezés tényleg hasznos lehet. Ez ne iskolás, kilúgozott mintafeladatokkal történjék, hanem életszerű, a gyerekek életét is közvetlenül érintő példákkal. Semmit nem ér az olyan fogalmi váltás, amely esetében az újonnan elsajátított elképzelés alkalmazása a gyerekek számára csakis a pedagógiai szituációkban (válaszadás egy tanári kérdésre, felelés, dolgozatírás, vizsga) indokolt. Ilyenkor *a tudás csak iskolás szituációkban és nem az „életben” lesz adaptív*, a fogalmi váltás nem úgy ment végbe, ahogyan azt mi szerettük volna.

5.3.3. A pedagógus szerepe

Az eddig a konstruktivista pedagógia jellemzőiről leírtak is meggyőzhették az olvasót arról, hogy ebben az új pedagógiai gondolkodási rendszerben, s a neki megfelelő tanítási gyakorlatban a korábbiakhoz képest másképpen alakul a pedagógus szerepe, feladatrendszere.

A hagyományos elképzelések szerint *a pedagógus a tanulási folyamatok irányítója*. Ő határozza meg a tanulnivalót (vagy ő közvetíti a tantervek segítségével), ő szabja meg a módszereket, a tevékenységi lehetőségeket, ő irányítja a munkavégzést, s ő értékeli a tanulói teljesítményeket. Ennek az irányításnak természetesen lehet rendkívül „kemény”, pedagógusközpontú formája, s különböző lépcsőfokokon keresztül eljuthatunk egy jóval „puhább”, rugalmasabb, gyermekközpontú irányítás felfogásig és gyakorlatig. Az előbbi, merev programmal lefutó tanári irányítást a kibernetikától kölcsönözve a megjelölést *vezérlésnek* nevezhetjük. Az utóbbi, a program változtatását megengedő, a tanítottakban kiváltott hatásokhoz (a tanulás részeredményeihez) flexibilis módon igazodó irányítást pedig a visszajelzés (a feedback) megléte miatt

szabályozásnak nevezhetjük. A 20. század korszerűnek tekintett pedagógiai törekvéseinek nagy része, de valójában már a század elején született reformpedagógiai mozgalmak is a szabályozásként értelmezett pedagógusi szerepfelfogásban, tevékenységrendszerben hittek.

A konstruktivizmus a tanári szerepfelfogásra vonatkozó válaszát is radikálisan fogalmazza meg. Azt állítja ugyanis, hogy *a tanár szerepe nem az irányítás*, annak sem vezérlés, sem szabályozás formája nem felelhet meg egy konstruktivista pedagógia igényeinek.

Valóban radikális kijelentés ez, hiszen a pedagógiai munka szinte teljesen összeforrott az irányítás fogalmával, sokan e szerep nélkül nem is tudják elképzelni a pedagógusi tevékenységet. Az a gyermekkép, amely a kiskorúakat egyben korlátozott cselekvési lehetőségekkel, korlátozott tudással rendelkező, irányításra, vezetésre szoruló, kiszolgáltatott és kiszolgáltatott helyzetben is tartandó állampolgárokként értelmezi, logikusan vezet a vezérlési, vagy jobb esetben a szabályozási szerep abszolutizálásához. Éppen a gyermek érdekében van szükség az irányításra, mondja ez az ideológia, hiszen még tudatlan, tapasztalatlan, s persze szélsőségesebb véleményekben megjelenhet, hogy lustaságra, céltalan és terméketlen játszadozásra hajlamos, esetleg kifejezetten ellenséges a pedagógussal. Valójában a szabályozásra alapozott pedagógusi szerepfelfogás sem emancipálta a gyermeket, demokratikus és gyermekközpontú attitűdjei ellenére sem. Ellen Key 1900-ban, a 20. század hajnalán megjelent könyve, vagy inkább víziója a *gyermek évszázadáról*, ha más megfogalmazásban is, de ma is megjelenhetne, hiszen *a reformpedagógusok álmát a gyermek felszabadításáról nem sikerült társadalmi méretekben megvalósítani*.

Miért éppen a konstruktivizmus veti fel (a reformpedagógiai törekvésekkel egyetértve) ennek a gyermekképnek a használhatatlanságát és a pedagógus szerepfelfogás és tanítási gyakorlat gyökeres átalakításának szükségességét? Azért, mert a tanulási folyamatoknak a gyermek legszemélyesebb, legbelső folyamataiként való elképzelésében ez az elmélet megy a legmesszebbre. Ha a gyermek maga konstruálja meg a tudását, s ez egy abszolút belső, személyes, autonóm folyamat, akkor *a gyermek mindenki mással egyenrangú részese kell legyen e szuverén folyamat külső feltételei kijelölésének*.

Ez azt jelenti, hogy a tanulás feltételrendszerét - már ami abból változtatható számára - *a tanuló közösség egésze* alakítja ki (legalábbis egy radikálisan új elképzelés szerint). Ennek a közösségnek szerves, egyenrangú tagja minden a tanulócsoportban együtt dolgozó gyermek, s a pedagógus is. A pedagógiai elemzés ezt a kört még tágíthatja, és izgalmas kérdések felvetését vetítheti előre, ha bevonja ebbe a közösségbe a tanulók családjait és a tanulócsoportot tanító összes pedagógust is.

A tanulás kérdéseiben nap, mint nap ez a vagy szűkebben, vagy tágabban értelmezett közösség dönt, s nem az órákat tartó pedagógus. A pedagógus szerepe más lesz. Ez elsősorban egy *szakértői szerep*. A pedagógus szakértő a pedagógiában, a pszichológiában, az iskolai élet szervezésében, illetve szakértő a szaktudományában, esetünkben a fizikában. Ez ugyan speciális szerepet biztosít a pedagógusnak, de egy egészségesen fejlődő pedagógiai közösségben mindenkinek a szerepe speciális, minden egyes gyermeké is.

Az itt - természetesen csak nagyon vázlatosan - leírt szerepmódosulás talán sokak számára első hallásra teljesen elfogadhatatlan, illuzórikus, megvalósíthatatlan, s biztosan sokan gondolhatják azt, hogy nem is lenne jó a megvalósítása. Megemlítjük azonban, hogy a pedagógia történetében számos olyan oktatási forma létezett és léteznek ilyenek ma is, amelyek igenis megvalósították ezt az idealisztikusnak tűnő elképzelést. Ilyenek mindenekelőtt *a jó óvodapedagógusok tevékenységében fellelhető egyes elemek*. A jó óvónéni „nem telepszik rá" a csoportjára, nem írja elő pontosan, hogy mikor, kinek, mit kell csinálnia, hanem kezdeményez. Aki vele tart, az vele tart, s befolyásolhatja, hogy mi történik a foglalkozáson. De nem kötelező azt csinálnia mindenkinek. Egy másik példa a most már több száz éve működő *önképzőköri oktatás*. Egy jó önképzőkör a diákok és a pedagógus együttes irányításával működik, sőt a pedagógus esetleg a háttérbe vonul. Jó példa lehet a *projektmódszer alkalmazása* is (ld. a módszerekkel foglalkozó fejezetet), amelynek szerves, elengedhetetlen része a gyerekek bekapcsolása a projekt témájának kijelölésébe, a csoportok kialakításába, a módszerek, a feladatok meghatározásába, stb. Számos *reformpedagógiai* szemléletű iskola működött és működik sok még ma is úgy, hogy a gyerekek, csoportjaik maguk határozhattak a feldolgozandó témákkal, a módszerekkel, a feldolgozás ütemével kapcsolatban úgy, ahogy igényeiknek az a leginkább megfelelt.

Mit is jelentene konkrétabban egy ilyen pedagógusi szerep érvényesítése? Mindenekelőtt azt, hogy a pedagógiai közösség együttesen döntene arról, hogy a tantervi követelmények (ezek külső, nem a közösségtől függő tényezők) teljesítése milyen konkrét *témák* feldolgozásával, milyen *módszerekkel*, milyen *tevékenységekkel*, milyen *ütemben* történjék, milyen *elágazások* lehetségesek, ki mit *vállaljon* részfeladatként, az általános követelményeken túlmenően ki milyen *szint* elérését vállalja, s a közösség *mit szab ki* számára elérendő célként.

Azt is jelenti az új szerep, hogy a döntések meghozatala után *a tevékenység irányítása az egész közösség feladata*, s nem egyoldalúan a pedagógusé. Az *értékelés* is a közösség egészének feladata, azzal együtt, hogy ennek az értékelésnek a legfőbb mozzanata, hogy minden tanuló maga lássa, hogy megkonstruált tudása mennyire használható, mennyire adaptív.

Biztosan sokan felvetnék ezen elképzeléssel szemben, hogy ha a gyerekekre bízzuk a folyamatokat, abból nem lesz tanulás. A jóindulatúak csak annyit vetnének ellen, hogy a gyerekek nem képesek kijelölni ilyen feladatokat, nem képesek dönteni ilyen súlyos kérdésekben. A kevésbé jóindulatú kritikusok esetleg felvetnék, hogy a gyerekek majd inkább játszani akarnak, „elhülyéskedik" a dolgot. „Parancsra sem tanulnak, hát még ha nem is kötelező!" - szólna a szentencia.

Gonoszkodó választ is lehetne adni erre az utóbbi felvetésre: ha parancsra sem tanulnak a gyerekek, akkor miért jobb a parancs, mint az általunk ajánlott gyakorlat? Ne legyünk elbizakodottak a pedagógus egyértelmű irányítása alatt működő tanítás hatékonyságával kapcsolatban. Mindannyiunknak lehetnek erről rossz élményeink, tapasztalataink, de ma már konkrét adatok is bizonyítják, hogy a magyar gyerekek természettudományos műveltségével kapcsolatos jó eredményeink a 20. század végére a múltba vesztek, s erőteljesen romló tendenciákat tapasztalhattunk (ld. erről a fizikatanítás problémáiról szóló fejezet megfelelő részét).

Amint láttuk, tekintélyes mennyiségű empirikus tapasztalatunk is van arra, hogy az irányító funkció feladása, pontosabban a tanári szerep átalakítása igenis eredményezhet rendkívül hatékony tanulást. E könyv szerzőinek erős meggyőződése, hogy a mai problémákat megoldani, s a mai szinten túlhaladni a természettudományos nevelés területén, s így a fizikatanításban is csak e *szerepmódosítással* lehet. Természetesen nem állítjuk, hogy a pedagógusok szerepváltása mondjuk egy rendelettel holnapra „bevezethető" lenne. Ezzel az elemzéssel pusztán arra kívántuk felhívni a figyelmet, hogy a pedagógusi szerepek átalakítása a konstruktivista pedagógiai gondolkodásmód egyenes következménye, s valószínűleg a pedagógia egyik jövőbeli fejlesztési feladatainak egyike.

Hogyan lehetne elérni ezt a konstruktivista nézőpontból kívánatosnak tekinthető helyzetet? Valószínűleg csak lassan, fokozatosan, az oktatás demokratizmusának folytonos erősítésével, a pedagógus fokozatos „visszahúzódásával". Lehetséges olyan szakaszok iktatása a tanításba, amelyek során a gyerekek a szokásosnál sokkal nagyobb szerepet kapnak a döntésekben. Fontos szerepet játszhatnak a szakkörök, a külön feladatok, a kiránduláson végezhető tevékenységek, s minden olyan forma, amelyet kevésbé terhelnek a „hivatalos oktatás" kötöttségei. Fontos szerepet játszhatnának a jól megtervezett projektek a tanári szerep átalakulásának folyamatában, hiszen az eddigi szórványos hazai tapasztalatok rendkívül pozitívak a projektek szervezésével és fogadtatásával kapcsolatban.

Mit kell tennie a tanárnak konkrétan ahhoz, hogy egy új szerepfelfogást és tanítási gyakorlatot alakítson ki magának? Tulajdonképpen semmi mást, mint fokozatosan egyre több beleszólást kell engednie a gyerekeknek a tanórai folyamatok meghatározásába. Le kell vetkőzni azt a félelmet, hogy egy ilyen gyakorlat keretében „kicsúszunk az időből", nem teljesítjük a tanterv által kötelezően előírtakat. A tantervi előírások teljesítése az „abszolút szabályos", teljesen tanárirányított munka során is nagyon sokszor kétséges, a naplóban szép rendben, a tanmenetnek megfelelően sorakozó címek még semmit sem mondanak arról, hogy vajon a gyerekek fejében is „ott sorakoznak-e a megfelelő tudásrendszerek". A hagyományos útról való letérés, s egy új metodikai rend vállalása igenis hozhat eredményeket, még a tanulnivaló extenzív birtoklásával kapcsolatban is, mert alapvetően átalakulhatnak, pozitív módon megváltozhatnak a tanulás feltételei és egész folyamata.

Kezdeményezzen a pedagógus olyan beszélgetéseket, amelyekben arról eshet szó, hogy egy-egy fizikai tudásterületet hogyan látnak a gyerekek, milyen elképzeléseik vannak, s szerintük hogyan, mit kellene tanulniuk. Legyen nyitott kérdés az, hogy mivel foglalkozzunk (persze a tanterv adta keretek között), a pedagógusnak erre inkább alternatív javaslatai legyenek, s ne előre rögzített tervei. Mindenképpen törekedni kell arra, hogy valós, lényegi alternatívák létezzenek, s lényegében a gyerekek választhassanak, vagy találjanak ki új megoldásokat is. A döntéseknél a pedagógus visszafogott legyen, ne telepedjék rá a csoportra, még az általa problematikus esetekben se emeljen vétót, legfeljebb - akkor is nagyon óvatosan - a szakmai fenntartásait hangoztassa. Igyekezzen olyan légkört kialakítani, amelyben a gyerekek mernek önálló véleményt nyilvánítani, s mernek ellentmondani is. Ehhez a gyerekeknek is jól meg kell érteniük, hogy a pedagógus sem birtokolja az „egyetlen és valódi igazságot". Meg kell tanulniuk, hogy ahogyan ők látják a világot (a fizika tényeit, összefüggéseit, vagy a

tanulás folyamatát, a feladatokat), ugyanolyan „helyi értékkel” rendelkezik, mint bárki másnak, akár a pedagógusnak az elképzelései. Éppen ezért bátorítani kell a véleményformálást, a vitát, az elképzelések minél tisztább megfogalmazását, „egyszerűen” demokratikusan kell viselkedni.

5.3.4. Az induktív tanulási logika és az előfeltételek nélküli felfedeztetés kritikája

A 20. század ’60-as és részben a ’70-es éveiben a *felfedeztetéses tanítás*, illetve *felfedezéses tanulás* a természettudományos nevelésben, s mindenekelőtt a fizikatanításban egyfajta „megváltó ideológiaként” jelent meg. A felfedeztetés középpontba állítása már a reformpedagógiai gondolatok között rendkívül fontos szerepet játszott, „tömegméretekben” való megvalósítására azonban a második világháborút követő nagy kurrikulum-reformban volt csak lehetőség (ld. Nahalka 1993).

A felfedeztetés azt jelenti, hogy a tanítási-tanulási folyamatban, amikor ez lehetséges, a tanulóknak maguknak kell felfedezniük a jelenségek közti összefüggéseket. Kiindulva az elemi, és kísérletek, megfigyelések segítségével megszerezhető ismeretekből, maguknak kell „kiküzdeniük” a komplexebb tudást, fel kell fedezniük a fizikai törvényszerűségeket. Az elgondolás hívei úgy képzelték, hogy a tanár jótékony irányítása mellett a tanulók mintegy *újból végigjárják a fizikai törvényszerűségek felfedezéséhez vezető történeti utat*. Ehhez csak megfelelően összeállított ismerethordozók, illetve kísérletezésre alapozott programok szükségesek. A programok (a tankönyvek, a pedagógusok utasításai) megadják, hogy milyen elemi ismereteket kell összegyűjteni, milyen kísérleteket kell elvégezni, s ekkor már szinte automatikusan kell, hogy teljesüljön az álom, a gyermek önálló felfedezése.

A fizikában a Newton törvények, a mechanika egyéb törvényszerűségei, az egyszerűbb termodinamikai összefüggések, a részecskekép, a fény tulajdonságai, az elektromos jelenségekhez kapcsolódó törvények voltak elsősorban azok, amiket a ’60-as, ’70-es években született nagy fizika tantervek, mint a Nuffield Physics, vagy a PSSC amerikai program felfedeztetéses módon javasoltak tanítani. A Bevezetésben már bemutattunk néhány példát is arra, milyen területeken, hogyan képzelték a tanítást így megoldani ezek a tantervek.

A felfedeztetés egy rendkívül korszerű, az általános képességeket fejlesztő, a tanulók önálló tevékenységére építő eljárásként vonult be a pedagógiába. A 20. század ’60-as éveitől az számított igazán korszerű tantervnek, amely a felfedeztetés ideológiáját vallotta.

Érdekes, hogy e gondolkodásmódnak szinte a kezdetektől létezik a kritikája is. Az ellenzők elsősorban *tudományelméleti megfontolásokból* indultak ki. Kimutatták, hogy a természettudományos nevelésben éppen akkor vált elterjedtté a felfedeztetés módszertana, amikor a tudományfilozófia nagy fordulata végbement, s amikor a tudományelméleti szakemberek közül egyre többen vallották, hogy a tudományok fejlődése elméletirányított, s nem az egyedi tények, valamint elemi összefüggések felfedezésén alapszik. A kritika lényege, hogy a tudományokban sem úgy születtek az új eredmények, ahogyan azt a rendkívül korszerűnek tartott tantervek szerzői megkísérelték modellezni.

Newton II. törvényének felfedezéséhez senki sem „rángatott” a munkaasztalon kiskocsit egy rugós erőmérővel (Harris és Taylor 1983). A Brown-mozgás leírásakor már régen létezett az elgondolás, hogy az anyag kis részecskékből épül fel, s nem a Brown-mozgás megismerése - összekapcsolódva számos más jelenség felfedezésével - vezetett a részecskék létezésének kimondásához. A fizikatanítás tudományelméleti hátteréről szóló fejezetünkben számos más példát is találunk. Vajon miért akarunk a gyerekekkel egy olyan utat végigjáratni, amelyen soha nem haladt senki, miért akarjuk úgy beállítani a természettudományos megismerést, amilyen az soha nem volt - kérdezik a kritikusok.

A konstruktivizmus e kérdésről kialakított véleménye kapcsolódik azokhoz a tudományelméleti elképzelésekhez, amelyek tagadják a tudományban az ismeretek induktív folyamatokban való kumulálódására vonatkozó feltételezéseket. A tudományelméleti alapokat tisztázó fejezetben már vázlatosan bemutattuk *Thomas S. Kuhn* tudományfejlődési modelljét. Ebben világos magyarázatot kapunk arra, hogy a tudományfejlődés „hétköznapi” folyamataiban, tehát egy adott paradigma működésének keretei között szó sincs elemi tények előfeltételektől mentes felfedezéséről. A *normál tudományban* az uralkodó paradigmából indul ki a gondolkodás, s a kísérletek, megfigyelések, vizsgálatok csak akkor kezdődnek, amikor már vannak elképzeléseink egy adott jelenségről, összefüggésről. A logika tehát sokkal inkább *deduktív*.

A konstruktivizmus szerint a gyerekek gondolkodása ugyanúgy „működik”, mint a tudomány. A gyermek fejében is elképzelések, naiv, vagy már tudományos elméletek élnek, ezek határozzák meg, hogy egy-egy kérdésben hogyan gondolkodik. Amikor a tanuló bármilyen jelenséggel - pl. a fizika tanára által előállított, vagy saját megfigyeléseként rendelkezésére álló kísérleti ténnyel - találkozik, akkor az nem válhat egy induktív, felfedezés jellegű kognitív folyamat kiindulópontjává, mert a gyermek adott jelenséggel kapcsolatos kognitív struktúrái a megfigyelés során már működésbe lépnek, már magát a kísérleti eredményt is ezek segítségével interpretálja, s a magyarázatot is ezek segítségével állítja elő. A folyamat tehát alapvetően *deduktív*, még akkor is, ha a gyermek és esetleg a fizikatanár számára nem is válik tudatossá, nyilvánvalóvá, hogy az értelmezés során milyen mélyebb tudás, milyen háttérelmélet szolgálta a kognitív folyamatokat.

Vajon miért lepődik meg sok tanuló, amikor egy zárt, két sorba kapcsolt fogyasztót, egyenfeszültségű áramforrást tartalmazó áramkörben több ponton mérve az áramerősséget, ugyanazt az értéket kapja? Azért, mert a stabil ismeretek megszerzése, illetve bizonyos fogalmi váltások megtörténte előtt a gyerekek az áramot nem gondolják megmaradónak, a fogyasztó kifejezést szó szerint értik, s úgy gondolják, hogy a sorba kapcsolt ellenállások közül az, amelyikkel az áram - a haladási irányának megfelelően - előbb találkozik, elfogyaszt belőle, s a másiknak már kevesebb jut. Azért lepődik meg a tanuló, mert mást várt. Azt várta, hogy az „első” fogyasztó után kisebb legyen az áramerősség, mint előtte, s a második „után” pedig még tovább csökkenjen.

A folyamat tehát egyáltalán nem úgy zajlik le, ahogyan azt a felfedeztetéses tanítás hívei elképzelik. Ők ugyanis valószínűleg így gondolkodnának: A tanuló sokféle áramkör esetén megméri különböző helyeken az áramerősséget, s azt tapasztalja, hogy az elágazás nélküli áramkörökben az mindig ugyanannyi. Ebből a tanuló általánosít, s

kimondja, hogy ennek minden egyszerű áramkörben így kell lennie. Ezzel már fel is fedezte azt az összefüggést, ami az ilyen áramkörökben az áramerősségekre vonatkozik.

Ez a gondolkodásmód a konstruktivizmus szerint *nem adaptív*, a valóságos tanulói reakciókat nem jól jelzi előre, nem tudjuk megmagyarázni a tanuló meglepődését, illetve azt sem, hogy ha nem kísérletezünk, hanem csak megjósoltatjuk az áramerősség értékeket, akkor miért gondolja a legtöbb tanuló, hogy azok nem a számunkra természetes töltésmegmaradás elvének felelnek meg. A konstruktivizmus szerint van egy *naiv elmélet* a tanuló fejében, ez a töltés „felhasználására", elfogyására alapozott áram-kép, s ebből a képből olyan következtetéseket von le a tanuló a konkrét esetekre, amelyek a kísérlet eredményeivel nem jól egyeznek.

Ez a helyzet egyébként tanítási szempontból nagyon hasznos lehet, hiszen *a tanulót általa sikerül szembesítenünk a saját elképzeléseivel*. Ez a mozzanat kiindulópontja lehet annak, hogy a tanuló világosan fogalmazza meg, miért lepődött meg, mit és miért várt, s vajon fel lehetne-e állítani alternatív elméletet a sajátjával szemben (az utóbbi rendkívül nehéz kérdés, s általában érdemesebb a tanárnak elmagyaráznia ezt az „új" elképzelést). A helyzet maga tehát első mozzanata lehet egy fogalmi váltásnak.

A tanítás folyamatában *működnek a pedagógusok előzetes elképzelései is*. Nagyon sok pedagógus úgy gondolja, hogy a tanulók az induktív-empirikus megismerés-modellnek megfelelően tanulnak fizikát, ezért úgy cselekszenek, hogy e folyamat alapjait biztosítsák. E szerint igyekeznek minél több precíz alapismeretet, tényt átadni, esetleg kísérletekkel mérésekkel bemutatni, vagy magukkal a tanulókkal „megláttatni". Úgy képzelik, hogy a gyerekek ezekből kiindulva fokozatosan felismerik a törvényszerűségeket. Valójában számtalanszor tapasztalhatjuk (ha „van hozzá szemünk", s legalább egy kicsit el tudunk szakadni attól az elképzeléstől, hogy a megismerésnek csakis ilyen útja lehetséges), hogy ez a tanítási mód sikertelen, legföljebb a jó tanulók tudják követni a folyamatokat. A konstruktivista meggondolás szerint ez azért van, mert a jó tanulónak tartott gyerekek valójában már *intuitíve* birtokolják azt az ismeretet, amit fel kell fedezni, az ő gondolkodásukat az adott területen *kevésbé terhelik a tudományétól eltérő elképzelések*. Ők sem felfedezik az ismeretet, hanem adekvát háttérelméletekkel adekvát következtetésekre tudnak jutni. Pl. már erős elképzelés bennük az elektronok vándorlásaként elképzelni az áramot, s elég szilárd a meggyőződésük, hogy ezek az elektronok nem tűnhetnek el sehol, ha „bemennek" egy ellenállásba, akkor ugyanilyen számban és ugyanilyen ütemben „ki is jönnek onnan". A gyengébb tanulók még nem rendelkeznek ilyen elképzelésekkel, ők még *a fogalmi váltás előtt állnak*. Sikertelenségük szinte programozva van ebben a folyamatban.

Az igazán izgalmas kérdés ebben az egészben *a pedagógus magyarázata*. Ő azt mondja (legalábbis a legtöbben ezt mondják), hogy a sikeres tanuló „jó képességű", a sikertelen pedig „gyenge képességű". Nem azért sikertelen az utóbbi, mert még nem ment benne végbe fogalmi váltás (ezt a fogalmat a legtöbb pedagógus nem is ismeri), nem arról van szó, hogy határozottan „kitapintható" gátjai vannak egy elképzelt folyamat végbemenetelének, hanem valamifajta *általános képesség hiányára*, mondjuk ki őszintén, arra következtet a pedagógus - csak nem így mondja -, hogy ez a tanuló butább, gyengébbek a kognitív képességei. Márpedig ez az egyébként rendkívül homályos, lefegyverző valami, ez a titokzatos „képesség" egyesek szerint genetikai

meghatározottságú, illetve a többség nem ennyire merev elképzelései szerint is a szociális háttér által igen jelentősen befolyásolt.

Először is a „jó képességű", „gyenge képességű" kifejezések *teljességgel értelmetlenek*. Valójában eufémizmusok, amelyek azt hivatottak takarni, hogy a pedagógus okosnak illetve butának tartja a gyerekeket (az utóbbit egy gyermekszerető pedagógusnak „nem illik" kimondani). Természetesen, ha csak egy rendkívül szűk, iskolai, az intellektuális fejlettségre korlátozó értelmezést használunk, akkor tekinthetjük „átlagnál értelmesebbnek" az egyik tanulót, s a másikat „átlagnál kevésbé értelmesnek". Lehet ez egy benyomás, ilyen képeket alakíthatunk ki tanulóinkról, de világosan látszik, hogy ez a gyermekkép a konstruktivizmusétól alapvetően különbözik. Különbözik, mert egyrészt az általános képességek ideáját használja, s egy tanulót azért sorol be a „gyenge képességűek" közé, mert azt hiszi, hogy léteznek tartalomtól és konkrét szituációtól teljesen független intellektuális képességek, s ezek nem fejlődtek megfelelően az adott tanuló esetében. A konstruktivista gondolkodásmód szerint elképzelhető, hogy egy tanuló az adott témában megfogalmazott, az adott témának megfelelő tudásterület elemeinek, rendszerének alkalmazását egy konkrét kontextusban kérő feladattal kapcsolatban sikertelen lesz, de ebből még nem lehet levonni azt a következtetést, hogy más kontextusban ugyanaz a feladat, vagy egy másik feladat, probléma megoldása során ne lehetne pozitív a végeredmény.

Másrészt azért is különbözik a „jó és gyenge képességű" tanuló megítélést alkalmazó pedagógiai nézetrendszer gyermekképe a konstruktivizmusétól, mert túlságosan leszűkíti azoknak a tudásterületeknek, képességeknek, teljesítményeknek a körét, amelyek az iskola szempontjából, illetve egy-egy tantárgyon belül fontosak lehetnek. Egyes gyerekek azért kerülnek hátrányba az iskolai tanulás folyamataiban, mert az ő jobban fejlett tudásterületeik nem tartoznak az iskola, vagy a tantárgy által elsősorban preferáltak közé. A történelem tanár nagyon sokszor egyáltalán nem épít arra, hogy a gyerekek egy része az átlagoshoz viszonyítva magas szinten ért a fizikához, a fizika tanár ugyanígy tesz a történelem iránt erősebben érdeklődő gyerekekkel, s mindketten így tesznek a sport, a kommunikáció, a szervezés, a közösségben való mozgás, a kézügyességet igénylő tevékenységek terén kimagasló tudásrendszerekkel rendelkező gyerekekkel.

Egy harmadik lehetőséget is fel kell vetnünk a gyerekek sikereinek illetve sikertelenségeinek tanári kezelésével kapcsolatban. Ez az, hogy néhány pedagógus - bizonyos esetekben - nem érti meg a gyerekeket. A tanulók még nehezebben fejtik ki elképzeléseiket, gyakran csak homályos képeket próbálnak meg szavakba, mondatokba foglalni, nagyon után, sok nehézséggel. Ez megnehezíti, hogy pedagógus és gyermek jól értse egymást. Ha ezt a hatást még fokozzuk azzal, hogy csak a nyelvileg tiszta, a „kánonnak megfelelő" megfogalmazásokat fogadunk el, s teszünk a pedagógiai kommunikáció részévé, akkor az egymást megértés lehetőségeinek körét lényegesen szűkítjük.

Talán ebből a kis elemzésből is látható, hogy a tanulási folyamatok induktív logikájára építő tanári magatartás milyen széles körben vet fel pedagógiai kérdéseket, mennyi hétköznapi pedagógiai problémánkkal kapcsolatos. Az induktív didaktikai megközelítés azonban nem korlátozódik a felfedeztetésre. Rendkívül elterjedt a tanítási módszerek közül a *kérdve kifejtés* alkalmazása. Sok pedagógus alkalmazza ezt az

eljárást úgy, hogy azt képzeli, közben a gyerekekkel mintegy induktíve felépíti a tananyagot, a gyerekek válaszaiból szépen összerakja az új anyag épületét. Eközben azt a látszatot kelti, mintha itt valóban az egyszerű tényekre alapozva, általánosítások és absztrakció segítségével juttatná a gyerekeket ismeretekhez. A módszerekről szóló fejezetben részletesen megmagyarázzuk, miért hamis beállítás ez a legtöbb esetben.

Eddigi elemzésünket azonban ki kell egészítenünk egy jelentős megfontolással, ami azt fogja eredményezni, hogy *a felfedeztetést bizonyos értelemben nem kell teljesen száműznünk a pedagógia, így a fizikatanítás „fegyvertárából”*. Amit az eddigi elemzésben kizárni javasoltunk: a megfelelő előfeltételekre építeni nem tudó felfedezés. A gyerekek képtelenek kitalálni olyan természettudományos, fizikai tételeket, amelyek felfedezéséhez magának a tudománynak is a legtöbbször évezredekre volt szüksége, s amelyeknek kitalálását az is nehezíti, hogy a gyerekek a legtöbb esetben éppen a felfedezendő összefüggéssel ellentétesen gondolkodnak a folyamatokról. Ilyen esetekben a konstruktivizmus szinte teljességgel *kizártnak tartja* a felfedezést, legalábbis azon a szinten, amelyen a gyerekek fizikai tudásrendszerei állnak.

A felfedezés azonban mégiscsak lehetséges akkor, amikor adottak az előfeltételek. Az is felfedezés, ha egy adott paradigma keretei között gondolkodva, tisztán *deduktív eszközökkel* rájövünk valamilyen összefüggésre, *egy új tudást konstruálunk meg egy átfogóbb tudásrendszer keretei között*. Persze ekkor sem egyszerű a folyamat, hiszen a tudásrendszerek nem úgy működnek, hogy az abszolút világos általános tételekből (az axiómarendszerből) kiindulva, pusztán a formális logika szabályainak alkalmazásával, szinte számítógépként vezetünk le eredményeket. Ennél sokkal nagyobb az intuíció szerepe, sokkal nagyobb szerepe van annak, hogy más tudásterületek belső struktúráit rá tudjuk-e építeni a vizsgált jelenségkörre, vagyis tudunk-e analógiákat, metaforákat használni, hogyan mozgósítjuk a problémamegoldásra vonatkozó metakognitív tudásunkat, stb. És fontos szerepet játszanak a kísérletek is, hiszen kisebb jelentőségű, vagy fontosabb hipotéziseinket ellenőrizhetjük, amikkel részelméleteket erősíthetünk meg, kísérletezés közben vetődhetnek fel bennünk kérdések, amik ugyan „benne voltak már a levegőben”, logikus a felmerülésük, de kísérletezés nélkül nem jutottak volna az eszünkbe.

Van tehát felfedezés, de az nem az előzetes elképzelésektől mentesen történik, hanem éppen hogy azok által irányítottan. A kérdve kifejtés is lehet jó módszer, ha létezik már a tanulók fejében egy olyan átfogó kognitív rendszer (s ez megfelelő állapotú), amely segítségével, gondolkodva, logikus következtetéseket alkalmazva válaszolhatnak a kérdéseinkre.

Még egy ponton kell kritizálnunk az induktív eljárások fizikatanításban betöltött szerepét. Eddig az induktivitásról, a felfedeztetésről mint elképzelt tanulási folyamatról, pszichikus működésről szóltunk. A szónak azonban van egy másik jelentése is, ami *a tudományos igazságok logikai bizonyításával* kapcsolatos. A 20. század első felében a logikai pozitivisták álma volt egy olyan, matematikailag is precíz logika megalkotása, amely az indukciót alkalmazva, tehát az egyesből az általánosra, a konkrétról az absztraktra következtetés megfelelő megalapozása lett volna. Itt tehát nem pszichológiai értelemben használtatik az indukció szó, hanem inkább egy szikár, *logikai* értelemben. Az elképzelés hiú ábránd maradt, nem sikerült létrehozni olyan logikai rendszereket,

amelyek teljesítették volna azt a követelményt, hogy szigorú értelemben lehessen segítségükkel szinte levezetni a tényekből az általános törvényeket, elméleteket.

A gondolkodásmód rendkívül világos és szinte megrázó erejű kritikáját *Karl Popper* adta meg, erről szóló könyve magyarul is olvasható (Popper 1997). A tudományelmélet ma leginkább elfogadott szemléletmódjai szerint ilyen, induktív irányú bizonyítás nem működhet, *matematikai képtelenség az egyesből az általánosra következtetni*, a konkrét és az absztrakt egymáshoz való viszonya nem egyezik meg azzal, ahogyan azt a logikai pozitivisták gondolták. Jó, de miért érdekes ez számunkra?

Azért fontos ismeret ez a fizikatanítás számára, mert még ma is igaz, hogy a fizikatanárok egy jó része olyan tudományképet „vetít" a gyerekek elé, amelyben a Popper által „földig rombolt" indukció alapvető szerepet játszik. Úgy állítjuk be a tudományfejlődést, mintha az mindig is az egyszerű kísérleti tényekből indult volna ki, s fogalomalkotáson, általánosításon és absztrakción keresztül érte volna el nagy céljait. Hányszor szerepel még egyetemi elméleti fizika tankönyvekben is a következő fordulat: „tapasztalatból tudjuk, hogy …"! Pedig - legalábbis a modern tudományelmélet, illetve a konstruktivizmus gondolkodásmódja szerint - már a tapasztalat is egy előzetes tudás szűrőjén megy keresztül, s amit tudunk, azt nem tapasztalatból tudjuk, ellenkezőleg, *tapasztalataink interpretációi is az előzetes tudásunk „szervezésében", az aktuális tapasztalatokkal kölcsönhatásban jönnek létre* a külvilággal való kapcsolattartás során.

A konstruktivizmus elgondolásaira építő tankönyvírás, tantervszerkesztés, és gyakorlati tanulásirányítás tehát nem az objektivista értelemben hivatkozna a tapasztalatra, s ami még fontosabb, törekedne arra, hogy a tudományokról a gyerekekben egy e felfogásmódoknak megfelelő képzet alakuljon ki. Nyilvánvaló, hogy ez a tankönyvek, a tantervek szinte teljes átszerkesztését vonja maga után.

Legutoljára meg kell még említenünk, hogy a fentiekben már sokszor emlegetett dialektikát a *konkrét* és *absztrakt* viszonyában egyes szerzők az utóbbi időben radikális módon megváltoztatni javasolják (Wilensky 1991). Hagyományos gondolkodásmódunk szinte megfellebbezhetetlennek tartotta azt az elképzelést, hogy az absztrakt követi a konkrétat, minden elvont fogalom, elvont gondolat csakis konkrét tényeken, konkrét tárgyak ismeretén alapulhat. Világos, hogy az indukcióval szembeforduló elképzelések számára ez az elv nem elfogadható. A radikális váltást az jelenti, ha feltételezzük, hogy valójában *a tudás először bizinyos értelemben absztrakt szinten van jelen*, s a megismerési folyamatban, felhasználva ezt az absztrakt formát is, *fokozatosan telítődik konkrét tartalommal*. Ez azt jelenti, hogy az absztrakt tudás gazdagodik, egyre biztosabban leszünk képesek adott szituációkban alkalmazni, kiderül, hogy milyen szituációkra érvényes egyáltalán, pontosabb értelmet nyer a behatárolás által, a nyelvi megformálás is lehetővé válik, majd az is gazdagodik és pontosabbá válik, stb. Ez a gondolat az "absztrakt" szó használata miatt rendkívül idegennek hathat sokak számára. Az absztrakt szinte mindenki számára valami a konkrétnál magasabb rendűt jelent. Nehéz ettől a képtől elrugaszkodni, ezért talán érdemes a gondolatok tisztázása értelmében a fenti mondatokban az "absztrakt" szót "átfogó"-ra kicserélni.

Ki vonná kétségbe, pl. hogy a gyerekeknek igenis van elképzelésük arról, mit jelent a szilárd test fogalma! Egy kicsi gyerek beszélni erről szinte egyáltalán nem tudna, de azért a fogalom létezik benne, erre láttunk példát akkor, amikor a szilárd anyagú testek konzisztenciájával kapcsolatos tudásunk velünk születettségének kérdését elemeztük. Ez

a szilárd test fogalom azonban a kisgyermekben *elvont*, nagyon kevés konkrétumhoz kapcsolódik, nem telített még részismeretekkel, az alkalmazás során tévedések történnek (amik persze csak számunkra tévedések, a mi tudásunkhoz viszonyítva, hiszen a gyermek logikusan gondolkodott a saját rendszerében). Ahogy többek között ennek az elvont szilárd test fogalomnak a felhasználásával a gyermek megismeri a körülötte lévő világot, úgy válik e fogalma egyre *konkrétabbá*, egyre gazdagabbá. A megismerés útja tehát - ezen elképzelés szerint - *az absztrakt felől a konkrét felé halad*, s nem fordítva. Ismét egy példa, hogy az új ismeretelméleti megfontolások milyen mélyen érintik a gyerekek tanulásával, fejlődésével kapcsolatos elképzeléseink alakulását.

5.3.5. A kontextus fontossága

Már korábban is használtuk illusztrációként azt a jelenséget, hogy a gyerekek gyakran ugyanazt a tudásterületet igénylő kérdésre, problémára a helyzettől függően nagyon különbözőképpen tudnak reagálni. A híres Piaget kísérletben ha ugyanannyi vizet öntünk egy keskenyebb és egy szélesebb pohárba, akkor a gyerekek egy része, különösen a kisebbek hajlamosak azt mondani, hogy abban a pohárban van több víz, amelyikben az magasabban áll. Tegyünk azonban két azonos keresztmetszetű pohárba a gyerekek által kedvelt üdítőt, méghozzá az egyikbe kevesebbet. Öntsük át a kevesebbet egy keskeny pohárba, a többet egy szélesebbe, s legyenek olyanok a viszonyok, hogy a kevesebb üdítő felszíne legyen magasabban. A legtöbb gyereket nem lehet becsapni, a szélesebb poharat választja, hogy megigya az üdítőt.

A kedvelt üdítő egy *más szituáció*, mint a közömbös víz. Más a feladatok *kontextusa*. Hogy egy hipotézissel fejezzük ki magunkat: a két esetben valószínűleg *más utakon folyik az agyban az információfeldolgozás*. Mint ahogy más utakat jár be az információ akkor, ha egy iskolai fizika feladatban meg kell mondani, hogy adott erő adott tömegű testen mekkora gyorsulást hoz létre, s akkor, ha egy fizikaórán túl egyszerűnek tartott, de legalább egy kicsit életszagú „problémaként” megkérdezzük, milyen irányú erő hat egy felfelé szálló labdára. Az első kérdésre a gyerekek, akik tanulták Newton II. törvényét, általában tudnak válaszolni, a második kérdést viszont többségük nem a newtoni fizikának megfelelően válaszolja meg, mert határozottan állítja, hogy a labdára felfelé hat az erő.

Gyakori eset, sajnos a mi iskoláinkban és még inkább a fizikában gyakori eset, hogy a tanulókban kialakul egy tudás az iskola, a fizika óra (felelés, dolgozat, vizsga) számára, s létezik egy mélyebben elhelyezkedő, az eredeti világképpel összhangban lévő tudás, amelyet azonban más szituációkban használ. A *tudás megszerzése*, valószínűleg a *tárolása*, és a *felhasználása* is szituatív. Ez azt jelenti, hogy mindezek a folyamatok, ezek végeredményei jelentősen függnek attól, hogy éppen milyen a környezet, milyen helyzetben van a tanuló, vagyis általánosan: *milyen a kontextus*.

A szakértői gondolkodás egyik jellemzője, hogy nagy mértékben *függetlenedhet a konkrét helyzettől, a kontextustól*. A szakértő ugyanazt a törvényszerűséget alkalmazza minden olyan esetben, amikor ezen alkalmazás feltételei adottak. A kezdők még nem így gondolkodnak. A tanítás egyik problémája, hogy *mesterségesen leszűkítjük a lehetséges helyzetek körét*, kilúgozott, egy kaptafára készült feladatokat gyakoroltatunk a gyerekekkel, s azt hisszük, hogy ezzel jót teszünk nekik, mert megkönnyítjük a tanult

összefüggés alkalmazhatóságának felismerését. Pedig valószínűleg a legrosszabbat tesszük, megfosztjuk a gyerekeket attól, hogy a tanult összefüggést *változatos környezetekben, változatos kontextusokban* alkalmazhassák, s ezzel tanulhassák, hogyan kell a különböző elképzeléseket hozzárendelni a megfelelő szituációkhoz. A fogalmi váltások során - ezt korábban bemutattuk - éppen az a lényeg, hogy a gyermek megtanulja, hogy az újonnan megismert elméletet, összefüggést hogyan rendelje hozzá a jelenségek egy általában egyre növekvő köréhez.

Gimnáziumban - tagozatos, fakultációs csoportnak - relativitáselméletet tanítva talán az lehet a legfontosabb feladat, hogy a gyerekek világos döntéseket tudjanak hozni arról, mikor érdemes egy probléma, egy feladat megoldása kapcsán a klasszikus mechanikát használniuk és mikor kell Einstein elméletéhez fordulniuk. Az általános iskola felső tagozatán is gondot kell fordítanunk arra, hogy a gyerekek értsék, a műszaki, tudományos problémák megoldása során, de sokszor a hétköznapokban is felmerülő, fizikai megfontolást igénylő bonyolultabb kérdésekben a newtoni mechanikát kell használniuk, de ez nem érinti azt, hogy az egyszerűbb, hétköznapi esetekben a mozgással kapcsolatos gondolkodásmódjuk alapvetően arisztotelészi. A képzett vegyész pontosan tudja, milyen kémiai problémák esetén elég, ha csak kis golyóknak képzeli az atomokat, s mely esetekben kell használnia a részecskék szerkezetére és kapcsolódásaikra vonatkozó kvantummechanikai képet.

A kontextus fontosságát azért kell komolyan figyelembe vennünk, mert ha olyan fizikatudást akarunk kialakítani, amely nem pusztán egy a felelések számára fenntartott, gyorsan elveszíthető, hanem élő, alkalmazható, a világképhez jól rögzített tudás, akkor érdemes a konstrukciós folyamatok számára olyan *tanulási környezetet* szervezni, amely a gyerekek számára *otthonos, életükhöz közeli, átlátható*. Ez a követelmény természetesen már korábbi pedagógiai rendszerekben megjelent, de elsősorban abból a szempontból, hogy a tanuló legyen motivált, érdekelje az, amit csinál, mert ez fontos feltétele a tanulásnak. Ezt a konstruktivista pedagógia is elfogadja, de még ennél is fontosabbnak tartja, hogy az ilyen, életközeli, gyermekközeli tanulási kontextusok létrehozása egyben annak is a feltétele, hogy *a megkonstruált tudás a mélyben gyökerező, eredeti tudásrendszerekhez legyen rögzítve* (azok belső szerkezetének átalakulásaként konstruálódjék meg, csak ez a konstruktivista nyelv még egy kicsit döcögős).

Ne egy „elvont lejtőn” leszaladó kiskocsi gyorsulását számítsuk ki adott súrlódási együttható mellett, hanem becsültessük meg a játszótéren csúszkáló gyerekek esetében a súrlódási együtthatókat, s a tanulók mondják meg, ehhez milyen értékeket mérnének meg. Ne egy „elvont dugattyúban” lévő nyomás - hőmérséklet - térfogat viszonyokkal bíbelődjünk, hanem egyes gyerekek határozzák meg mekkora a nyomás a fedő alatt, amikor éppen először emeli fel azt a gőz, más gyerekek számítsák ki, mekkora a nyomás egy motorhenger belsejében a legnagyobb összenyomás pillanatában, a szikra keletkezése előtt, stb.

Ez az utóbbi példa arra is figyelmeztet, hogy kiscsoportonként, sőt tanulónként más és más lehet az, ami megteremti az otthonosságot, a már ismert területekhez való kapcsolás lehetőségét. Vagyis elemi szükséglet a differenciálás, a minden gyermeknek a sajátos igényeihez való igazodás (ld. részletesebben a módszerekről szóló fejezetet). Vannak gyerekek, akik számára a problémának elvont fizikai problémaként való

megfogalmazása teremti meg éppen a legjobb feltételeket a gondolkodáshoz. Őket nem kell megzavarni a tanulnivaló gyakorlati kontextusával, azonban az ő esetükben más a feladat, meg kell tanulniuk az általuk a többségnél magasabb szinten birtokolt, elvont ismereteket alkalmazni a gyakorlati szituációkban. Ehhez nekik olyan körülményeket kell teremteni, hogy világosan lássák, jó fizika tudásuk jelenti az alapot adott problémák átlátásához, megoldásához.

Talán mondanunk sem kell, a fejezetben nem tudtunk mindent bemutatni, ami a konstruktivista pedagógiát és annak fizikatanításra való alkalmazását jellemzi. A következő fejezetek azonban még tartalmaznak ezzel kapcsolatban fontos ismereteket. Külön felhívjuk a figyelmet ezzel összefüggésben könyvünk gyermektudománnyal, oktatási módszerekkel foglalkozó, valamint a fizikai feladat- és problémamegoldás kérdéseit taglaló fejezeteire.

Feladatok

1. Pszichológiai tanulmányai, illetve a szakirodalom alapján készítsen vázlatot arról, milyen főbb ismereteket fogalmazott meg Jean Piaget a konstruktivizmus alapjaival kapcsolatban. A feladat csoportos munkaként is elvégezhető, ekkor érdemes feldolgozni Inhelder és Piaget irodalomjegyzékünkben is szereplő kötetét abból a szempontból, hogy milyen fizika feladatok felhasználásával igyekeztek a szerzők alátámasztani álláspontjukat. Látnak-e eltéréseket Inhelder és Piaget e könyvben kifejtett nézetei és a modern konstruktivizmus között?
2. Tekintsen át egy fizika tantervet (elsősorban a NAT megfelelő fejezetét, az átalános iskolai, a gimnáziumi és a szakközépiskolai kerettantervek fizika részeit, s a központi adatbankban lévő fizika tanterveket ajánljuk) abból a szempontból, hogy e dokumentumok milyen általános képességekre utaló követelményeket fogalmaznak meg. A feladatot csoportmunkában úgy érdemes megoldani, hogy több tantervet néznek meg egyenként, s utána csoportmegbeszélés során összevetik tapasztalataikat. Milyen képet tudnak kialakítani e tanterveknek az általános képességekkel kapcsolatos kezelésmódjáról, hogyan viszonyul ez a konstruktivista pedagógia mondanivalójához?
3. Keressenek páros munkában olyan példákat a fizika történetében, amelyek alátámaszthatják azt az állítást, hogy a nagy felfedezések nem a részismeretek összegyűjtésére, az empirikus tapasztalatok akkumulálására épültek. Válasszanak ki ezek közül egyet, alaposabban vizsgálják meg a tudománytörténeti tényeket, s két pár egymás között rendezzen vitát arról, vajon tényleg megfelelő illusztráció-e az adott példa a leírt összefüggéssel kapcsolatban. Néhány ötlet: Demokritosz atomelmélete, Brown-mozgás, a fenomenologikus termodinamika kialakulása, az oxigén felfedezése, az alkímia története, a relativitáselmélet megalkotása, a kvantummechanika létrejötte.
4. Keressen példákat a fizika tanításából olyan képességekre, amelyeknél világosan érzékeltethető, hogy nem általános képességről van szó, s mondjon példákat az adott képesség szituációkhoz és tudásterületekhez kötöttségére. (Pl. gondoljon a feladatmegoldó képességre, amely az egyik fizikai tudásterületen erős lehet, míg egy másikon gyenge.)

5. Csoportmunkában gyűjtsenek össze minél több olyan metakognitív jellegű tudást, amelyek a fizikatanításban is fontos szerepet játszhatnának. Adjanak példát minden esetben, hogyan, milyen jellegű feladatokkal képzelnék el e metakognitív ismeretek tanítását. Pl. gondoljanak arra, hogy a problémamegoldással kapcsolatos tudás fejlesztésére a sikeresen problémákat megoldó gyerekekkel elmondatjuk, hogyan gondolkodtak, megbeszéljük a csoporttal ennek fontosabb pontjait, s megpróbálunk bizonyos „szabályokat" megfogalmazni.
6. Csoportmunka keretében modellezzék, hogyan oldana meg egy fizikai problémát egy szakértő és egy kezdő.
7. Képzeljen el egy konkrét tanítási szituációt, valamilyen fizikai téma tanításának a kezdetét. Próbálja meg leírni, milyen egymástól lényegesen eltérő előzetes elképzeléseik lehetnek a gyerekeknek az adott témában. Képzelje el, hogy a tanár nem vesz tudomást e különbségekről. Kísérelje meg modellezni, milyen következményei lehetnek egyes gyerekek gondolkodásában, tanulásában ennek a helyzetnek. Konkrétan válasszon fizikai témát, s konkrétan mondja meg, milyen elképzelésekkel rendelkezhetnek a gyerekek. Segíthet a gyermektudományról szóló fejezet.
8. Válasszon ki egy feladatgyűjteményből egy nem túlságosan nehéz feladatot. Saját környezetében keressen olyan tanulót, aki megfelelő életkorú, s oldassa meg vele. A megoldás után mondassa el részletesen a gyerekkel, hogyan gondolkodott. Legyen türelmes, a gyerekek nagyon nehezen fogalmazzák meg saját gondolataikat. Ezután oldja meg a feladatot Ön is, vagy egy egyetemi, főiskolai társával oldassa meg, s az utóbbi esetben is részletesen mondassa el a gondolatmenetet. Milyen különbségeket lát a két megoldás között? Próbálja meg e különbségeket megmagyarázni a „szakértő – kezdő" különbséggel kapcsolatos ismereteink alapján.
9. Írjon rövid esszét azzal kapcsolatban, hogy saját gondolkodását elemezve mely pontokon látja a különböző megközelítések szerepét. Fizika tanulmányaihoz kötve keressen példákat! A fejezet szövegében több is szerepel (az arisztotelészi mozgáskép alkalmazása hétköznapi szituációkban, a folytonos anyagkép alkalmazása, ha nincs szükségünk a részecskeképre), de említhetjük még azt is, hogy miközben pontosan tudjuk, hogy nem a Nap kering a Föld körül, mégsem úgy gondolunk a Nap látszólagos napi járására, hogy a Föld „elfordul" a Nap alatt. Ha egyszerű megfontolásokban szerepel ez a tudás, akkor a Nap igenis megkerüli a Földet.

Felhasznált irodalom

Baillargeon, R. (1993): The Object Concept Revisited: New Directions in the Investigation of Infants' Physical Knowledge. In: Granrud, C. (Szerk.) *Visual Perception and Cognition in Infancy*. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers; Hillsdale, Hove, London. 265-315.

Cohen, L. B. és Oakes, L. M. (1993): How infants perceive a simple causal event. *Developmental Psychology*, 29. 421-433.

Eysenck, M. W. és Keane, M. T. (1997): *Kognitív pszichológia. Hallgatói kézikönyv*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. Eredetileg: Eysenck, M. W. és Keane, M. T. 1990. *Cognitive Psychology. A Student Handbook*. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers; Hove, Hillsdale.

Falus A. (1999): *Adj király Katonát! Az immunrendszer mesés világa.* Vince Kiadó, Budapest.

Glasersfeld, E. v. (1995): *Radical Constructivism. A Way of Knowing and Learning*. The Palmer Press; London, Washington D. C.
Harris, D. és Taylor, M. (1983): Discovery Learning. The Myth and the Reality. *Journal of Curriculum Studies*, 15(3) 277-289.
Nagy József 1990. A rendszerezési képesség kialakulása. A gondolkodási műveletek elsajátítása. Akadémiai Kiadó, Budapest.
Nagy József (1996): Nevelési kézikönyv. Személyiségfejlesztő pedagógiai programok készítéséhez. Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged.
Nagy József (2000): *XXI. század és nevelés*. Osiris Kiadó, Budapest
Nahalka István (1993): Irányzatok a természettudományos nevelés második világháború utáni fejlődésében. *Új Pedagógiai Szemle*, XLIII(1) 3-24.
Nahalka István (1997): A Nemzeti alaptanterv tanulásszemlélete. *Új Pedagógiai Szemle*, XLVII(7-8) 9-26.
Piaget, J. (1993): *Az értelem pszichológiája*. Gondolat, Budapest
Pléh Csaba (1992): *Pszichológiatörténet*. Gondolat, Budapest.
Pléh Csaba (Szerk.) (1996): *Kognitív tudomány*. Osiris - Láthatatlan Kollégium, Budapest.
Pléh Caba. (Szerk.) (1997): *A megismeréstudomány egy új útja: A párhuzamos feldolgozás.* Tipotex Elektronikus Kiadó Kft. Budapest
Pléh Csaba (1998): *Bevezetés a magismeréstudományba*. Tipotex Elektronikus Kiadó Kft. Budapest
Popper, K. R. (1997): *A tudományos kutatás logikája.* Európa Könyvkiadó, Budapest. Eredetileg: Popper K. R. 1935. *Logik der Forschung. Zur Erkenntnistheorie der modernen Naturwissenschaft*. Julius Springer, Wien
Spelke, E. S., Katz, G., Purcell, S. E., Ehrlich, S. M. és Breinlinger, K. (1994): Early knowledge of object motion; continuity and inertia. In: Hirschfeld, L. A. és Gelman, S. A. (Szerk.) *Mapping the Mind; Domain Specificity in Cognition and Culture*. Cambridge University Press, Cambridge. 119-148.
Spelke, E. S. és Van de Walle, G. A. (1993): Perceiving and reasoning about objects: Insights from infants. In: Eilan, N., McCarthy, R. és Brewer, B. (Szerk.) *Spatial Representation*. Blackwell; Oxford. 132-161.
Wilensky, U. (1991): Abstract Meditations on the Concrete and Concrete Implications for Mathematics Education. In: I. Harel és S. Papert (Szerk.) Constructionism. Norwood N.J.: Ablex Publishing Corp.

6. A GYERMEKTUDOMÁNY ELEMEI A FIZIKÁBAN

NAHALKA ISTVÁN

A *gyermektudomány* azoknak a rendszerré szerveződő tudáselemeknek az összessége, amelyeket a gyerekek a világról alkottak meg magukban. Azért kapta a „tudomány" megnevezést, mert valóban a tudományos ismeretrendszerekéhez hasonló funkciókkal bír: előrejelzi az eseményeket, folyamatokat, magyarázza mindazt, ami a gyermek tapasztalati világában megjelenik, s végső soron irányítja a cselekvést. A gyermektudomány is ugyanúgy tételekből, elméletekből áll, mint a „nagy tudomány", csak nem biztos, hogy formalizáltságuk eléri a tudományos ismeret formalizáltságát.

A gyermektudomány fizikai világra vonatkozó részrendszere meglehetősen alaposan vizsgált jelenségvilág, kutatását már maga Piaget (1972) elkezdte. Könyvtárnyi irodalma van annak, hogyan gondolkodnak a gyerekek a mozgásokról, az elektromosságról, a hőről, a fényről, az anyagszerkezetről, a gázokról, stb.

A fizikai világra vonatkozó gyermeki elképzeléseket, azok magyarázatát a konstruktivista pedagógia elméleti alapjainak felhasználásával mutatjuk be. A konstruktivizmus szerint - ahogyan korábban részletesen bemutattuk - a gyerekek a világra vonatkozó tudásukat, mostani szóhasználatunkkal a gyermektudományt *maguk konstruálják, felépítik magukban*. Ha sokat tudunk arról a világról, ami a gyerekekben létezik, akkor sokat tudunk magáról a konstrukciós folyamatról is, vagyis nagyban hozzájárulhatunk ahhoz, hogy a fizikatanítás következetesebb, megalapozottabb és hatékonyabb legyen. Ebből kiindulva érdemes áttekintenünk a *fizikai gyermektudomány* elemeit, s azok alakulásának folyamatait.

6.1. A fizikai világ gyermeki szemléletmódjának alapjai

A fizikai világ gyermeki megismerésével kapcsolatban, e kérdéskör általános, minden részterületre jellemző összefüggéseinek feltárása érdekében számos kutatás folyt (ld. pl. Driver és mts. 1994, Brewer & Samarapungavan 1991, Driver és mts. 1985a). E kutatások eredményeiből sokat megtudunk azzal kapcsolatban, hogy milyen a *gyermekontológia*, értve ez alatt a világ alapfolyamatainak (most elsősorban a fizikai alapfolyamatoknak) megértésével kapcsolatos, elméletekként, átfogó gyermeki elképzelésekként megfogalmazódó gyermektudományi elemek összességét. A gyermekontológia tartalma az, hogy „miképpen is működik alapjaiban a világ". Ha valóban a konstruktivizmus szemléletmódját tekintjük e kérdés vizsgálata során irányító-

nek, akkor azt kell mondanunk, hogy *a gyerekek gondolkodása, tanulása, problémamegoldása, kommunikációja, cselekvéseik irányítása nem a közvetlen, érzékszervekkel szerzett információkon, vagyis a tapasztalaton alapszik, hanem az általuk birtokolt „naiv elméleteken”.* A fejlődés viszont elsősorban ezeknek a kognitív struktúráknak a fejlődésétől, valamint a közöttük fokozatosan formálódó kapcsolatok minőségétől függ (Carey 1985). A terület kutatóiban erős az a meggyőződés, amelyet *Rosalid Driver* és munkatársai a következőképpen fogalmaztak meg:

> Sok gyermek kezdi meg természettudományi tanulmányait olyan elképzelésekkel és magyarázatokkal az éppen tanulmányozandó jelenségekkel kapcsolatban, amelyek még szisztematikus oktatásuk előtt alakultak ki bennük. (Driver és mts. 1985b 2. o.)

A gyermekek olyan modelleket alkotnak a világról, amelyek számukra *adaptívaknak bizonyulnak*, azonban a legtöbb esetben eltérnek attól, ami a „professzionalizált tudásrendszerekben” (elsősorban a tudományban, a tantervekben, a pedagógusok szemléletmódjában) található. Foglaljuk össze néhány pontba „sűrítetten” e gyermeki elképzelésekkel összefüggő eddigi ismereteinket! A gyermeki elképzelések:

- nem a tapasztalatokon alapulnak, hanem konstrukció eredményei,
- személyesek,
- rendkívül stabilak, nagyon nehéz a fogalmi váltás,
- a külső megfigyelő számára inkoherenseknek tűnnek,
- valójában azonban a gyermek kognitív működései szempontjából adaptívak,
- rendszereket alkotnak, s elméletekként funkcionálnak.

Számos nem fizikai, de természettudományi területen folytak kutatások a gyerekek elképzeléseivel, vagyis a gyermektudománnyal kapcsolatban. Ezek közül a kiemelkedők: az alapvető vegyi folyamatok elképzelése, a fotoszintézisről, az öröklődésről, magáról az életről alkotott sajátos gyermeki fogalmak, a gyermekökológia, vagyis a gyermeki ökológiai elképzelések alakulása, a Föld alakja és kozmológiai helyzete, a Naprendszer felépítése. Kiváló összefoglalók a következők: Driver és mts. 1994, Driver és mts. 1985a.

Mi is valójában ez a gyermektudomány? Nem más, mint a korábban (a konstruktivizmusról szóló fejezetben) már részletesen bemutatott *előzetes tudás*, az a tudás, amely minden további tudáskonstrukció alapja, fő meghatározója és „terepe”. Ez az előzetes tudás azonban egy-egy jelenséggel kapcsolatban többféle is lehet. Nagymértékben a konkrét szituációtól, esetleges tényezőktől függhet az, hogy a gyermek találkozva egy fizikai jellegű kérdéssel, problémával, cselekvésre késztető tényezővel, az előzetes tudásának mely elemeit fogja munkába a megoldással, a válasz megszövegezésével kapcsolatban. A tudás - mint korábban részletesebben bemutattuk - alapvetően *szituatív jellegű*, alkalmazása jelentős mértékben a kontextus által meghatározott. Minél kisebb a gyermek, ez az összefüggés annál inkább igaz rá, annál inkább tapasztalhatjuk, hogy a számunkra ugyanazon tudásrendszer alkalmazását igénylő helyzetekben produkál váratlanul nagyon különböző reakciókat.

Álljon itt egy példa arra, hogy a gyerekek hogyan alkalmaznak eltérő kognitív struktúrákat a felnőttek számára ugyanolyan jellegű problémák megoldására:

1. Ha vizet kell melegíteni egy lábasban, egyetlen gyereknek sem jut eszébe, hogy összeöntsön 2 liter 30 °C-os és 1 liter 60 °C-os vizet, hogy a közös hőmérséklet 120 °C legyen.
2. Egy tesztben az előző összeöntéssel kapcsolatban nem elhanyagolható számban állították 12-13 éves gyerekek, hogy a közös hőmérséklet 120°C lesz:

$$2 \times 30 + 1 \times 60 = 120.$$

A gyermektudomány tehát a fejlődés leghosszabb szakaszaiban *nem egységes*, ugyanazon jelenségek vizsgálatára más és más elemei lehetnek megfelelőek, s természetesen más és más eredményt is produkálhatnak.

Ez az oka annak, hogy a gyermek gondolkodásában következetlennek látszik. Valójában a szituációnak megfelelő információ-feldolgozó apparátus (a megfelelő tudásterület) kiválasztása után a folyamat már logikusan megy végbe, ha megmarad ebben az egy kognitív részrendszerben. Ha meggondoljuk, mi felnőttek sem teszünk másként, csak mi nagyobb rutinnal, nagyobb következetességgel rendeljük hozzá a szituációkhoz, a konkrét problémákhoz a megfelelő tudásrendszert. Még a tudósok sem mentesek attól, hogy tudományos munkájuk során alkalmanként ne használnának többféle paradigmát is egy és ugyanazon probléma megoldása során, attól függően, hogy a probléma milyen szituációban került elő.

Korábban láttuk, hogy már az újszülött is rendelkezik bizonyos „tudással", megszületésünkkor néhány képesség már „előre huzalozva van" az agyunkban. Előzetes tudás, vagyis gyermektudomány tehát mindig létezik, a gyerekek a fizikával kapcsolatban - bármilyen idősek legyenek is - rendelkeznek egyfajta tudással.

A gyermektudomány elemeit a korai konstruktivista szakirodalom gyakran nevezte „*tévhiteknek*". Ez a megnevezés azonban problematikus. Arisztotelész mozgásokkal kapcsolatos elképzeléseit közel 2000 éven keresztül tekintette megfellebbezhetetlen igazságnak a tudomány. Miért tekintjük a gyerekek mozgásokkal kapcsolatos naiv elméletét tévhitnek, amikor szinte teljesen megegyezik azzal, ami az arisztotelészi fizika mondanivalója? A relativitáselmélet minden olyan jelenséget képes megmagyarázni, amelyet a newtoni elmélet megmagyarázott, illetve sok esetben a relativitáselmélet az adaptív és nem a newtoni. Akkor tekintsük 1905-től kezdődően tévhitnek Newton törvényeit? Ez nyilvánvalóan helytelen eljárás lenne.

A gyerekek éppen azokkal az elméletekkel, gondolkodási sémákkal tudják az ő szintjükön a legjobban megmagyarázni a jelenségeket, előre jelezni az események lefolyását, amelyeket éppen birtokolnak. Ezek a struktúrák igenis alkalmasak a feladataik ellátására, adaptívak. Nem egyszer egyébként zseniális konstrukciók, s inkább tisztelnünk kellene a gyermeki elmét, hogy ilyen rendszerek kialakítására is képes.

Mutassuk meg néhány pontban összefoglalóan, s persze most még elnagyoltan, hogyan látják a gyerekek a fizikai világot a fizikatanulás előtt:

- a mozgás fenntartásához hatásra van szükség,
- a nehezebb tárgyak gyorsabban esnek le.
- a hőmérséklet összeadódik, és nem kiegyenlítődik,

- a fény nem anyagi jellegű, ezért nem is terjedhet, a fény lehet pl. a tárgyak tulajdonsága,
- az anyag folytonos,
- az anyag és az energia keletkezik és „felhasználódik”,
- a szilárd anyagok nagyobb energiával rendelkeznek, mint a folyadékok, vagy a gázneműek,
- a gázoknak, így a levegőnek nincs tömegük, nem melegíthetők,
- ahol nincs levegő, ott nincs gravitáció, súlytalanság lép fel.

A fizika tanításában tehát számolnunk kell azzal, hogy a gyerekek rendelkeznek olyan tudáselemekkel, s ezek összekapcsolódásából kialakult rendszerekkel, elméletekkel, amelyek meghatározzák a fizikai világ jelenségeinek magyarázatát, az egész fizikai szemléletmódot. Ezek a gyermeki elképzelések azonban az eddig elvégzett igen nagy számú kutatás eredményei szerint a legtöbb esetben *nem egyeznek meg azzal, amit a fizikában tanítani szeretnénk.*

A gyerekek a fizikát valójában első osztályos korukban kezdik el tanulni, hiszen a természetismeret, vagy környezetismeret típusú tantárgyak is hordoznak fizikai tartalmakat. A fizika tudományával való rendszeres ismerkedés azonban Magyarországon a hatodikos vagy hetedikes korban kezdődik. Minden pedagógusnak tudnia kell, hogy a gyerekek (mind a kicsi 6 évesek, mind a nagyobb 12-13 évesek) már „tudják a fizikát”. Ez azt jelenti, hogy a fizikai világ értelmezésére, magyarázatára vannak kognitív struktúráik, ellenkező esetben meg sem mozdulhatnának a környezetükben anélkül, hogy valami nagyon veszélyes dolog ne történjék. Ott van tehát a fejükben a gyermektudomány, a gyermekfizika, s ez számunkra, pedagógusok számára feltétlenül beszámítandó tényező. Ha nem veszünk róla tudomást, akkor a gyerekek megtartják mélyen elsajátított, eredeti elképzeléseiket, s az iskolában elsajátítandó anyagot pedig egy „másik rétegben” helyezik el, az iskolai megméretésekben való használatra.

A gyerekek nagyon sok esetben szinte pontosan követik azokat a *fizika történetében* is létezett elképzeléseket, amelyeket ma már legfeljebb érdekeseknek, túlhaladott elméleteknek tekintünk. Emiatt a gyermeki elképzelések értelmezése, fogalmi leírása sok esetben nem nehéz feladat, azonban az egyszerű azonosítás, a csábító analógia sokszor félre is vezethet.

Felsorolunk néhány tudományos elméletet, amelyeket, vagy amelyekhez nagyon hasonlókat a gyerekek is megkonstruálnak magukban:

- Arisztotelész mozgáselmélete,
- szintén Arisztotelész tanítása a könnyű és nehéz dolgok felfelé és lefelé „törekvéséről”,
- az abszolút tér és abszolút idő,
- az erőnek a mozgó testhez való hozzárendelése,
- hőanyag elmélet,
- a vákuum szívóhatása,
- elektromos fluiduum,
- az anyag folytonos képe,
- ptolemaioszi világkép.

A fizikai világra vonatkozó gyermektudományi jelenségek megismerése során rendkívül fontosnak bizonyult az a felismerés, hogy a fizikai (és más természettudományi) fogalmak a gyerekekben lényegében két „fogalommasszából", két differenciálatlan „ősfogalomból" alakulnak ki. Az összefüggés felfedezői, Chi és munkatársai (1994) „anyag-alapú" és „folyamat-alapú" fogalomrendszereknek nevezték el ezeket a gondolkodási elemeket. A fizikához talán közelebb áll, ha mi most *„statikus" és „dinamikus" fogalomrendszerekről* írunk, de ezzel egyáltalán nem másítjuk meg az eredeti értelmezéseket.

Mi felnőttek - ha ráadásul fizikát is tanultunk egy kicsit intenzívebben - viszonylag jól meg tudunk különböztetni egymástól statikus és dinamikus fogalmakat. A gyermekek statikus fogalomrendszerében differenciálatlanul szereplő fizikai fogalmak elsősorban a következők: *hossz, súly, terület, sűrűség, térfogat, viszkozitás, tömeg, szilárdság.* A statikus fogalmakat általában ellentétpárokba tudjuk rendezni, ilyenek a sok - kevés, a kicsi - nagy, a nehéz - könnyű, a rövid - hosszú, a sűrű - ritka, a puha - kemény, viszkózusabb - kevésbé viszkózus ellentétek. A gyermek gondolkodásában ezek a fogalmak még jelentős mértékben *átfedők*. Jól szemléltethető ez azzal a jelenséggel, amit a felnőttek többsége is produkál, ha megkérdezik tőlük, hogy az étolaj sűrűbb vagy ritkább, mint a víz. Sokan válaszolnak úgy, hogy sűrűbb, még azok is, akik esetleg már többször tapasztalták, hogy az olaj úszik a víz felszínén. A sűrűségre vonatkozó ítéletüket sokkal inkább a viszkozitás alapján hozzák meg, mert az sokkal többször megerősödött tudásuk, hogy az olaj „sűrűbb folyású" folyadék.

A kisebb gyermekek számára az itt felvázolt fogalomegyüttes még kevésbé differenciált, a „mennyi?" vagy „melyik több?" kérdésre adott válaszok még jelentős mértékben eltérhetnek attól, ahogyan a felnőttek válaszolnak az ilyen kérdésekre. A „több folyadék" adott esetben a gyermek számára azt jelentheti, hogy az egyik pohárban magasabban áll a vízszint, ahogyan ezt már egy korábbi példán is bemutattuk (ld. a konstruktivista pedagógiát bemutató fejezetet). Néhány érdekes gyermeki elképzelés a statikus fogalomrendszer alkalmazásával kapcsolatban:

1. Ha megkérdezünk akár még 15 éveseket is arról, hogy minek van nagyobb belső energiája, 1 kg 0 C-os víznek, vagy 1 kg 0°C-os jégnek, akkor a gyerekek egy része a jeget választja. A feltételezhető magyarázat: a jég a keménysége miatt jut ilyen szerephez, holott a 0°C-os víz belső energiája a nagyobb.
2. Figyeljünk fel arra, hogy a súly is ebben a fogalomrendszerben kapott helyet, pedig tudományos használata szerint inkább dinamikus fogalom lenne, hiszen erő.
3. Ismert, hogy a testeknek a vízen való úszásával, vagy a levegőben való lebegéssel kapcsolatban a gyerekek (és sokszor a felnőttek is) a könnyű - nehéz ellentétpárt használják. Világos, hogy itt a statikus fogalomrendszerben a sűrűség fogalmának kidolgozatlanságáról, differenciálatlanságáról van szó. A gyermek az úszás jelenségét még nem kapcsolja össze a sűrűség fogalmával, ami benne erősebben kötött a viszkozitás fogalmához.

A másik nagy, differenciálatlan fogalomkör a dinamikus jelenségekkel kapcsolatos. A nyelvi megformálásban általában nincsenek ellentétpárok, vagy vannak, de magától a fogalomtól kicsit távolabb állnak, pl. az erő esetében az erős – gyenge fogalompár. Olyan fogalmak tartoznak ide, mint az erő, a mozgás, a gyorsaság (később a sebesség, a gyorsulás), a nyomás, az energia, a hő, a hőmérséklet, a savasság. A fizika számára

fontos, hogy itt megjelennek bizonyos, a tudományos értelmezésüket tekintve eltérő csoportokba sorolható fogalmak, így elsősorban az energia és a hőmérséklet ugyanazon csoportba kerülése érdekes. Az energia extenzív mennyiség fizikai szempontból, vagyis anyagrendszerek összetétele esetén összeadódik, míg a hőmérséklet intenzív, azaz kiegyenlítődő mennyiség. Itt mégis egy csoportban, a dinamikus fogalmak között találhatók, aminek az a következménye, hogy a gyerekek gyakran tekintik a hőmérsékletet a hővel, az energiával azonos mennyiségnek, s így összeadódónak.

6.2. A fizikai gyermektudomány elemei

Tekintsük át, milyen konkrét eredményeket hozott a gyermektudomány kutatása a fizika területén!

6.2.1. Energia, hő, hőmérséklet a gyermeki fizikában

Az energiának, különösen a hőnek valamifajta, a kémiai anyaghoz hasonló *szubsztanciaként* való felfogása a tudomány történetének egy szakaszát ugyanúgy jellemezte, mint ahogy a gyermekek és a felnőttek nagy része is hasonló módon gondolkodik e fizikai fogalommal kapcsolatban. A fogalom kialakulása a 19. században zajlott, s már ekkor eltávolodott a tudomány az energia szubsztanciaként történő felfogásától. A „korrekt" fizikai kép egyik legkövetkezetesebb megfogalmazása *Richard Feynmantól*, a világhírű amerikai fizikustól származik. Érdemes pontosan idézni Feynmant:

> Van egy tény - vagy ha úgy tetszik törvény - amely az összes eddig ismert természeti jelenséget irányítja. E törvény alól egyetlen kivételt sem ismerünk, azaz mai tudásunk szerint teljesen pontos. Ez az energia-megmaradás törvénye, amely azt mondja ki, hogy van egy bizonyos, energiának nevezett mennyiség, amely változatlan marad a természetben végbemenő sokfajta változás során. (Feynman és mts. 1985 50. o.)

> Fontos, hogy felismerjük: a fizika mai állása mellett valójában nem tudjuk, mi is az energia. Nincs szemléletes képünk arról, hogy az energia kicsiny, meghatározott adagokban terjedne. Nem is ez a helyzet. Ellenben van néhány számszerű mennyiség kiszámítására szolgáló képletünk, amelyeknek összege … mindig ugyanaz a szám. Ez pedig elvont dolog annyiban, hogy nem mond semmit sem a képlet mechanizmusáról, sem a különböző tagok megjelenésének okairól. (uo. 51.o.)

E szerint az energia a fizikai objektumok egyik (legalábbis a klasszikus fizika szerint) skalár jellegű állapothatározója, amelynek a Világmindenség összes fizikai objektumára megállapított értékeinek összege állandó. Az energia-megmaradás törvényének felfedezése az egyik legnagyobb hatású fejlemény a természettudományokban. Egyébként is igaz, hogy a megmaradási tételek, illetve azok

sértései a fizika felépítésének döntő tényezőivé váltak. Newton törvényeinek legmélyén a tömeg dinamikai értelmezhetősége, vagyis a lendületmegmaradás rejtőzik. Az elektrodinamikának lehetséges olyan felépítése, amelyben a kiindulópontot az elektromágneses tér energiasűrűsége, valamint az energia áramlását megszabó Pointing-vektor jelentik. A termodinamika fejlődésében döntő jelentősége volt az energia-megmaradás alkalmazásának (ld. termodinamika I. főtétele).

Az energia - mai tudományos szemléletünkben - egy konstrukció, emberi alkotás, amely azért lehet hasznos a törvényszerűségek feltárása során, mert a „világ valahogy úgy működik", hogy az energia összmennyisége állandó marad.

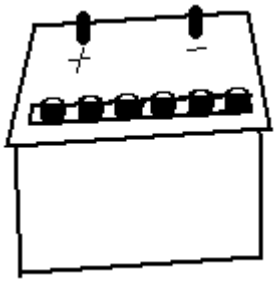
A modern szemlélet elvileg nem tűri az olyan nyelvi fordulatokat, amelyek szerint az energiát raktározzuk, szállítjuk, vagy amelyekben az energia egyik testről a másikra áramlik. A hétköznapok, a technika, sőt, a fizika nyelve azonban telis-tele van ilyen és ezekhez hasonló nyelvi fordulatokkal. A törekvés világos: amennyire lehet, szemléletes képet szeretnénk rendelni az egyébként a maguk elvontságában nehezen értelmezhető fizikai magyarázatokhoz. Ugyanakkor látni kell, hogy az így használt kifejezések sokkal inkább felelnek meg a hőanyagelmélet felfogásmódjának, mint a modern fizikának (a jelenség egyik első leírása Erickson (1977) nevéhez fűződik).

Néhány példával illusztráljuk, hogy az energia szubsztanciaként való kezelése milyen mélyen beivódott fizika szakmódszertani kultúránkba. A Nemzeti alaptantervben (OM 1995) még mindig van „hőmennyiség", amelyet a szerzők nyilván nem anyagi szubsztanciának gondolnak. A biológiai, kémiai folyamatok elemzése során gyakran beszélünk „energiát tároló vegyületekről". Villamos vezetékeink „szállítják az energiát", az elektromos áramkörben lévő, ellenállással rendelkező elektromos eszközt „fogyasztónak" nevezzük. Gyakran mondjuk, hogy kölcsönhatás közben „az egyik test energiát ad át a másiknak". Még maga Feynman is így fogalmaz: „… olykor az energia egy része távozik, olykor pedig bizonyos mennyiségű energia lép be a rendszerbe" (Feynman és mts. 1985 51. o.)

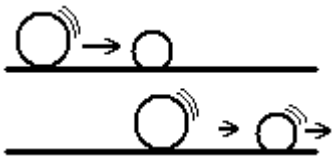
Az *6.1. ábra* is illusztrálhatja, milyen szemléletes képek kapcsolódnak az energia szubsztanciaként való kezeléséhez:

Az energiát *szállítjuk*:

Az energiát *tároljuk*:



Az energia *átadódik*:



6-1.ábra Néhány illusztráció az energia szubsztanciaként való kezelésére utaló nyelvi elemekkel kapcsolatban

Kell-e ezek után csodálkoznunk azon, hogy a tanulók sajátos elképzeléseket konstruálnak meg magukban az energia fogalmával kapcsolatban?

Rendkívül érdekes ugyanakkor, hogy *a szakdidaktika egyáltalán nem veti el az energia „kvázi szubsztanciaként" való kezelését* (Duit 1987). Ez azt jelenti, hogy a gyerekekben kialakuló energiafogalom lényegében bátran építhető az energiának valamifajta „vándorlással" kapcsolatos képére, az „ide-oda adogatásra", a „tárolásra". Ez ugyan nem a lehető legkövetkezetesebb kezelés, de a gyerekek számára rendkívül szemléletes lehet, vagy legalábbis sokkal jobban megérthető, mint a fizikai objektumokhoz rendelt, teljes összegében minden folyamatban megmaradó skalár fogalma. Nem baj, ha a tanuló az energiát áramló valaminek képzeli el. Természetesen a lehető leggondosabban tisztázni kell vele, hogy ez nem azt jelenti, mint a víz, vagy a levegő áramlása.

Ez a kép könnyebben elfogadhatóvá teszi az energia-megmaradás törvényét is. Jegyezzük meg azonban, hogy ez a szakdidaktikai „fogás" már nem alkalmazható a relativitáselmélet vagy a kvantummechanika tanítása során.

Természetesen ennek a szakdidaktikai taktikának bizonyos *veszélyei is vannak*. Könnyen mondják azt is a gyerekek, hogy a melegített testek tömege nő, mert energia áramlott beléjük. És persze ők ekkor még nem arra gondolnak, ahogy a relativitáselmélet szerint valóban nő a tömeg.

Mi jellemzi vajon a gyerekek energiával kapcsolatos *előzetes ismereteit?* Ha a konstruktivista pedagógia javaslatai szerint kívánjuk a problémát vizsgálni, akkor mindenek előtt ezt a kérdést kell megválaszolnunk.

A sajátos gyermeki elképzelésekben az energia *„termelődik és elhasználódik"*, vagyis nem érvényes benne az energia-megmaradás elve (Trumper 1990, Brook & Driver 1984, Solomon 1983, Duit 1981, Sexl 1981). Úgy tűnik, ez a törvény nem tartozik azok közé, amelyek már születésünkkor adottak bennünk, ezt igen nehéz is lenne elképzelni. Az energia megmaradását tehát meg kell tanulnunk, s a vizsgálatok bizonysága szerint ez rendkívül nehéz feladat.

Sajnos azt kell mondanunk, hogy a szokásos tanítási eljárások, valamint az energia fogalma tankönyvekben való szerepeltetésének módjai nem segítenek, inkább rontanak a helyzeten. A problémák már a kicsik, az alsó tagozatosok tanításakor kialakulnak. A számukra írt tankönyvek hibái szinte már előre programozzák a sajátos, a tudományétól eltérő elképzelések kialakulását. A tankönyvek gyakran fogalmazzák meg pl. azt, hogy az erőművekben az energia keletkezik, az égéskor is ugyanez történik. Az energiának

egyik formából a másikba való átalakulása nem szerepel ezekben a leírásokban, a tanulók teljes nyugalommal hihetik azt, hogy az energiát valóban előállítják, pl. szénből, vagy uránból. Ez esetben hivatkozás nélkül idézünk egy alsó tagozatosok számára készített tankönyvből:

> Kérdés: „Mi keletkezik a gyors égéskor?" Válasz: „Meleg lesz, mert hőenergia termelődik a gyors égéskor."
>
> A biztonságosan működő atomerőművek nem környezetszennyezők. A bennük keletkezett energia felhasználható elektromos áram termelésére.

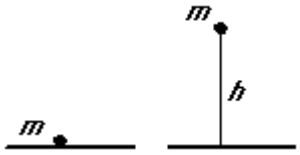
Magasabb évfolyamokon az energiával való ismerkedés a fizika tantárgyban szintén számos buktatót, a kívánttól eltérő gyermeki elképzelések erősödésének veszélyét rejti magában. Az energiának a mechanikai munka segítségével történő bevezetése az egyik ilyen pont. Zavaró a *munka* szó hétköznapi jelentése miatti „áthallás", illetve a hétköznapi fogalomnak az *időhöz* és nem az *úthoz* való kötődése, a test energiájának változásához és nem a test energiájához kapcsolható elsődlegesen, csak a mechanikai kölcsönhatások elemzésére alkalmas „eszköz").

További zavart okoz a potenciális energiák bevezetése, amely során a szubsztanciális jellegűnek képzelt energia hozzárendelése a testhez problematikus a gyerekek számára. Pl. az összenyomott rugó előtt álló golyóhoz rendelni a potenciális energiát (rugalmas energiát) szakmailag ugyan lehetséges, nem hiba, de a tanulótól olyan elvont fogalomalkotást igényel, amelynek kétséges a kimenetele. A tanuló számára sokkal természetesebb az energiát a rugóhoz rendelni. Különösen gond van akkor, ha a tankönyv szövege, vagy a tanár magyarázatai nem következetesek, s hol a rugóhoz, hol a golyóhoz történik a potenciális energia hozzárendelése.

A törekvés egyébként érthető: a tankönyvszerzők, illetve az ilyen szakdidaktikai megoldások követői nem kívánják értelmezni még ilyen idős gyerekek (13-14 évesek, vagy középiskolában 16 évesek) számára az erőterek (mezők) energiáját. Ugyanis ha pl. egy pozitív elektromos töltésű testtől eltávolítunk egy negatív töltésű testet, akkor fizikailag ugyanolyan értékű magyarázat az energiaváltozásokra, hogy megnőtt az elektromos tér energiája, mint ha azt mondom, hogy megnőtt a töltött testek elektromos potenciális energiája. A potenciális energia fogalma legalább olyan problematikus a gyerekek számára - meggyőződésünk szerint - mint a mező, elektromos erőtér fogalom. A test állapotában semmilyen tény nem utal arra, hogy a testnek lenne valamilyen energiája, csak a másik testtel való kölcsönhatásában van olyan jelenség, ami lehetővé teszi, hogy elvont módon energiát rendeljünk a testekhez (és ne a mezőhöz).

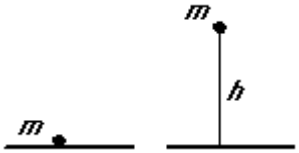
A potenciális energiákra alapozott és a mezőfogalmat használó megközelítések különbözőségét egy egyszerű példával szemléltetjük *(6.2. ábra)*. Milyen energiaváltozások következnek be, ha egy *m* tömegű követ a föld felszínéről *h* magasságba felemelünk?

> Potenciális energia fogalommal magyarázva a kő felemelésekor bekövetkező energiaváltozást:



A kő felemelésével *mgh* értékkel megnövekedett a test potenciális energiája. Ez éppen az emelési munka.

A mezőfogalom használatával:



A kő felemelésével megváltozott a gravitációs mező, energiája éppen *mgh* értékkel nőtt. Ez éppen az emelési munka.

6-2.ábra A potenciális energia fogalma és a mezőfogalom használatának ekvivalenciája

Potenciális energia fogalommal magyarázva a kő felemelésekor bekövetkező energiaváltozást:
A kő felemelésével *mgh* értékkel megnövekedett a test potenciális energiája. Ez éppen az emelési munka.
A mezőfogalom használatával:
A kő felemelésével megváltozott a gravitációs mező, energiája éppen *mgh* értékkel nőtt. Ez éppen az emelési munka.

Ugyanaz a jelenség, két nagyon különböző magyarázat. Ez önmagában még nem probléma. Talán az is megfogalmazható, hogy egyik szemléletmód sem hibás szakmailag. Bár azon sokat vitázhatnánk, vajon szabad-e gravitációs mezőről, s annak energiájáról beszélni. Az általános relativitáselmélet keretei között pl. ezeknek a fogalmaknak semmi értelmük sincs. Azt azonban senki nem mondta, hogy a jelenségek magyarázata számára megkonstruált modell a fizika legkorszerűbbnek tekinthető modellje lesz. Ugyanakkor mindenképpen probléma, hogy a gravitációs mező fogalmát használó, a tanítás számára kialakított modell részletes szakmai elemzése – (legjobb) tudomásunk szerint – még nem történt meg.

A *mezők* fogalmának bevezetése nagyon sok előnnyel jár a későbbiekben. Nem áll a szokásos ellenérv, hogy valami olyasmit kell a gyereknek elképzelnie, ami nem látható, nem tapintható, hiszen még a hétköznapi életben is számtalanszor megteszi ezt. Következetes, türelmes, hosszú idejű érleléssel a mezők fogalma kiépíthető, ehhez csak megfelelő szakdidaktikai megoldásokat kell találni.

Eddig azt láthattuk, hogy az energia fogalmának kialakulásával, az energia-megmaradással kapcsolatban mindenképpen számolnunk kell sajátos gyermeki elképzelésekkel, s ezzel együtt tanítási nehézségekkel. Ezzel azonban nem merült ki a problémák sora. Különösen kisebb gyerekeknél fordulhat elő, hogy az energiát kifejezetten az élő szervezetekhez rendelik hozzá. Ez kapcsolatban lehet azzal, hogy *a gyerekek az önmozgással rendelkező „dolgokat" tartják élőknek*. Az energia ebben az összefüggésben a „hatással", a „tevékenységre való képességgel" azonosul. Korábban láttuk, hogy az energia és az erő a kisgyermekek gondolkodásában ugyanannak a differenciálatlan „fogalom-konglomerátumnak" a részei. Ezért nem csodálkozhatunk azon, hogy kezdetben ezek a szavak egymás szinonimái. (egyik test „erőt ad át a

másiknak”, a testnek „elfogy az ereje”, „nagy energiával löki meg az egyik test a másikat”, stb.).

Sajnos a kisiskolásoknak szánt természetismereti tankönyvek sem mentesek gyakran az energia- valamint az erőfogalom „keverésétől”. Ismét hivatkozások nélkül idézünk:

- Van olyan leírás, amely szerint minél nagyobb a szél sebessége, annál nagyobb az ereje.
- Máshol ilyet olvashatunk: „Kik vonszolják magukat? Akikben nincs erő”.
- E tankönyv egy másik helyén ez szerepel: „A mozgáshoz erő kell. Semmi sem mozog magától. Ez az erő lehet bennünk, az élőlényekben, gépekben, érkezhet kívülről is”.
- S hogy az elektromos energiával való zavaros viszonyra is mutassunk példát: „Az elemekben az elektromos áram ereje van elraktározva”.

Fizika szakosok számára különösen a „mozgáshoz erő kell” kijelentés lehet felháborító.

Csak megemlítjük a kép teljesebbé tétele érdekében, hogy a gyermeki elképzelések között szerepelhetnek az energiával kapcsolatban még a következők:

- az energiának kizárólagosan a mozgó testekhez való hozzárendelése,
- az energiának az energiahordozókkal való azonosítása
- az energia folyadékként való viselkedésének elképzelése
- az energia valamilyen hozzáadott anyagként, illetve termékként kezelése (Brook – Driver 1984).

6.2.2. Hogyan „látják” a gyerekek az elektromosságot?

Az elektromosságtanra is igaz - bár ezen a területen még erősebb lehet az ezzel ellentétes érzésünk -, hogy a gyerekek már formális fizika tanulmányaik kezdetére megkonstruálnak magukban bizonyos tudáselemeket, elképzeléseket. Elektromos eszközöket használnak, játékaikban vannak elemek, motorok, izzók, huzalok, kapcsolók, esetleg még komolyabb elektronikus alkatrészek. Már egészen kicsi gyerekek is végezhetnek olyan, elektromos árammal kapcsolatos műveleteket, mint az itt következők:

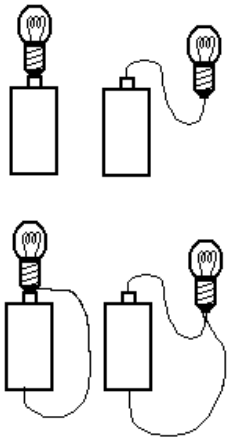
- elektromos kapcsoló, pl. villanykapcsoló használata,
- elemcsere, pl. játékban, elektronikus háztartási eszköz távirányítójában,
- elektromos jellegű játékkal, pl. autóval, mozgó, beszélő babával való játszás,
- „számítógépezés”,
- telefon használata.

Az iskolai tanulás során természetesen ez a tudás kiindulópont, s ez után az elektromosságtan tanulása során is érdekes átalakulások tanúi lehetünk.

Az elektromos áram jelenségeinek gyermeki értelmezésével kapcsolatos kutatásokat elsősorban *R. J. Osborn* (1981), *D. Shipstone* (1985) és *M. Cosgrave* (1995) végeztek. *Osborn* volt az „úttörő”, az általa feltárt sajátos gyermeki értelmezések létét a későbbi vizsgálatok is megerősítették, és tovább árnyalták az elektromosságról alkotott gyermeki képpel összefüggő ismereteinket.

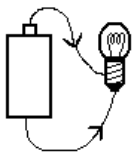
E téma összeköthető az előzővel, hiszen az elektromos áram esetén is energiaváltozások figyelhetők meg, illetve itt is igaz, hogy a kezdeti gyermeki elképzelések valamilyen módon a „keletkezés” és a „megszűnés” képzeteivel kapcsolhatók össze, pontosabban a *forrás-fogyasztó* szemlélet egyeduralmát lehet kimutatni a korai gyermeki gondolkodásban.

A forrás-fogyasztó szemlélet azt jelenti, hogy a gyermek gondolkodásában az áramforrás és a fogyasztó kapcsolata egyirányú, áramkör fogalomról itt még nem beszélhetünk. A gyermek gondolhatja azt, hogy elég egy huzallal összekötni az áramforrást és a fogyasztót, pl. az elemet és az izzót. Az elektromos áram valamilyen fogalma már kialakult a gyermekben, de az áramkörrel, vagy a töltések mozgásával kapcsolatban még semmilyen elképzelése nincs, legalábbis ez logikus feltételezésnek hangzik. Bemutatunk néhány ábrát *(6.3. ábra),* amelyek esetén kisebb gyerekek azt mondják, hogy az izzó világít (az ábrákat Shipstone (1985) tanulmányában szereplők alapján készítettük el). 8-12 éves gyerekek körében folytatott vizsgálatok során nagy arányban tapasztalták ezeket az elképzeléseket.



6-3.ábra A „forrás-fogyasztó” szemlélet diagnosztizálására szolgáló feladat. Melyik ábra szerinti összeállításban világít az izzó?

Az egyoldalú, forrás-fogyasztó szemlélet azonban másképpen is jelentkezhet. Itt már valódi áramkör van, azonban az áram nem jár körbe, a teleptől a fogyasztó felé folyik, s ott „ütközik” a két ágon „jövő” áram, s ez az oka a világításnak is. „Ütköző modellnek” nevezik ezt az elképzelést. A 4. ábrán bemutatjuk ennek a lényegét.

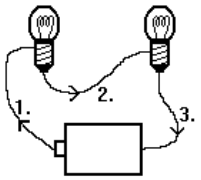


6-4.ábra Az „ütköző modell”

Figyeljük meg a korábban már hivatkozás nélkül idézett tankönyv szövegét:

Amikor felkapcsolod a villanyt, az áram a villanykörtébe jut, és világít [sic!]. De honnan érkezik az áram? Nézzük meg a vezeték másik végét is!

A fejlődés további állomásain a gyermek már valódi áramkört képzel el, amelyben a töltések körbe-körbe áramlanak. Jellegzetessége azonban e modelleknek, legalábbis még egy darabig, hogy *nem tartalmazzák a töltésmegmaradást*. A forrás-fogyasztó modell még mindig hat, az elektromosság keletkezik (az elemben) és elnyelődik, elfogyasztódik (a fogyasztóban). A sorba kapcsolt izzók közül az egyik jobban világít a gyermek szerint, mint a másik, pedig jól tudja, hogy abszolút egyforma tulajdonságokkal rendelkeznek. Amelyiket előbb éri el az áram, az jobban világít, mint a másik, hiszen „az utóbbinak már nem jut annyi áram, mint az elsőnek". Kissé módosulhat ez a kép, ugyanis a jó fizikatanár gondosan megmutatja a gyerekeknek (vagy elvégezteti velük a kísérletet, amelyben kénytelen a tanuló azt tapasztalni), hogy az izzók egyformán világítanak, s ez elindíthat némi változást a megfelelő tudásrendszerben. Ahogyan azonban azt a konstruktivista pedagógia megjósolja, a váltás egyáltalán nem könnyű. Egyrészt a gyerekek egy része váltig állíthatja, hogy szerinte a második izzó gyengébben világít (s valljuk be, lehet, hogy tényleg nem teljesen egyformák az izzók). Mondhatja azt is a tanuló, hogy olyan kicsi a különbség, hogy nem lehet észrevenni, de van. Módosíthatja is kissé az elképzelését: az izzók egyformán világítanak, a rajtuk áthaladó áram erőssége megegyezik, de utána „legyöngül" az áram, s pl. a telepen már kisebb áram folyik át. Újabb példa arra, hogyan építenek be a gyerekek új tapasztalatokat a meglévő, a tudományossal szöges ellentétben álló (a töltésmegmaradást el nem fogadó) képeik keretei közé. Az 5. ábrán bemutatunk olyan feladatokat, amelyekkel e gyermeki elképzelések jelenléte jól vizsgálható.



6-5.ábra Egy feladat, amelynek segítségével diagnosztizálható, hogy birtokolja-e már a tanuló a töltésmegmaradás elvét

A két izzó ugyanolyan tulajdonságokkal rendelkezik. Ebben az áramkörben szerinted fényesebben világít valamelyik? Ha igen, melyik?

Szerinted hogyan viszonyul egymáshoz az 1., 2. és 3. helyeken a vezetékekben folyó áram erőssége? (Csak a kisebb, nagyobb, egyenlő relációkat jelöld!)

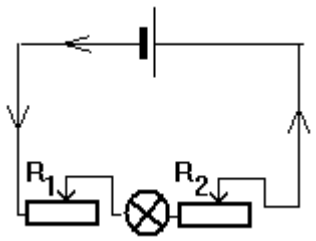
Látható, hogy a töltésmegmaradás is egy fontos fogalmi váltás a gyermeki gondolkodás fejlődésében. Shipstone (1985) vizsgálatai azt mutatták, hogy a 17 éves angol gyerekeknek is több mint a harmada birtokol nem konzerváló modellt.

Összefoglalva, az áramkörökkel kapcsolatos alapvető gyermeki elképzelések lényegében négyféle modell szerint írhatók le (egy részletesebb elemzésben a 3. modell még két különböző típusban is megjelenhet):

1. „nincs áramkör, csak egyetlen huzal”,
2. „ütközős modell”,
3. „nem konzerváló modell”,
4. „érett, az áramköri folyamatok lényegét jól tükröző, a tudományosnak megfelelő kép”.

A töltésmegmaradás elvének elfogadása még nem feltétlenül jelenti azt, hogy a tanulóban minden tekintetben a tudományos képnek megfelelő felfogás konstruálódott meg. Megformálódhat egy olyan szemléletmód is, amelyben az áramkör egy adott pontján végrehajtott módosítás csak ezen a ponton, illetve az áramirány szerint ez után következő áramköri elemeken okoz változást. Ez a jelenség kapcsolatban lehet egy korábbi állapottal, a töltésmegmaradást még nem elfogadó gyermeki gondolkodással, de jelentkezhet magasabb szinten is.

A probléma gyökerét sok kutató (pl. Shipstone 1995, Tiberghien 1983) abban látja, hogy a gyerekek az áramkör teljesebb - már a töltésmegmaradást is tartalmazó - értelmezése keretében egyfajta *szekvenciális modellt* konstruálnak meg. Ennek lényege, hogy az áramkörben a töltésmozgást, s az annak megfelelően kialakuló elektromos jelenségeket egy szekvenciális folyamatként írják le, vagyis az elektronok „kijönnek” az áramforrásból, szép rendben végighaladnak az egyes áramköri elemeken, ahogy azok sorba vannak kötve, s a folyamat végén „bemennek” az áramforrásba. Bár lényegében tényleg ez történik, de két probléma mindenképpen van azzal, ha e kép uralkodik el az áramkörök „működésének” magyarázatán. Az egyik, hogy *a jelenségek lokálisak lesznek*, amikor az áram „odaér”, akkor ott fog történni valami, függetlenül attól, hogy milyen más áramköri elemek vannak a körben. Márpedig tudjuk, hogy a jelenségeket az áramkör egésze határozza meg, lokális magyarázatok nem adhatók. Ezzel függ össze a másik probléma is, hogy az áram lesz *az elektromos jelenségek „ősoka”*, illetve megerősödik ez a szemlélet, s majd látjuk, hogy ebből az áramerősség és a feszültség fogalmainak összemosása következik. A 6. ábrán mutatunk egy olyan áramkört, amelyben két változtatható ellenállás (R_1, R_2) fogja közre az izzót.

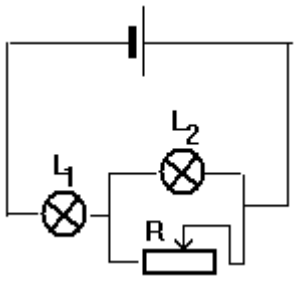


6-6.ábra Az áramkör egységes egészként való kezelését diagnosztizáló feladat ábrája

Megkérdezhetjük, hogy vajon hogyan reagál az izzó (milyen módon változik a fényessége), ha megváltoztatjuk (külön-külön) a két ellenállást. Sok tanuló válaszol

úgy, hogy az R_2 ellenállás változtatása nincs hatással az izzó fényességére, csak a másiké. Ilyen választ adnak azok a gyerekek is, akik még nem fogadják el a töltésmegmaradást, de megmaradhat ez a válasz azoknál is, akik már birtokolják ezt a fontos ismeretet. Képzeljük el, milyen zavart okozhat ez az elképzelés a tanulók megértési folyamataiban, amikor az ellenállások összegzésére, kiszámítására vonatkozó tudást sajátítják el. Ismét egy példa arra, hogy a gyermeki elképzelésekkel nem törődő oktatás milyen fontos, a tanulási folyamatokat alapvetően befolyásoló tényezőket hagy figyelmen kívül.

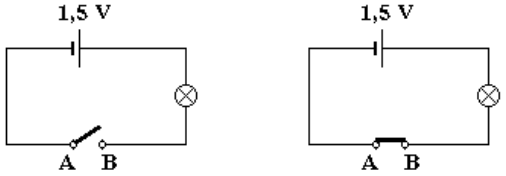
A *6.7. ábra* esetében kérdezzük meg a gyerekeket, hogy miképpen változik majd az L_1 és L_2 izzó fényessége, ha az R ellenállást növeljük! Sokan válaszolnak helyesen, hogy az L_1 fényessége csökken, az L_2-é viszont nő. Azt hihetnénk, minden rendben van.



6-7.ábra Az áramerősség és a feszültség fogalmai használatának problémáiból fakadó gondolkodásmód diagnosztizálására alkalmas egyik feladat ábrája

Kérdezzük meg azonban a jelenség okát! A tanulók többsége azt fogja mondani, hogy a párhuzamosan kötött R és L_2 esetében az áram inkább az izzó felé megy, mert a másik ágon nagyobb lett az ellenállás. Ez az oka az L_2 fényessége növekedésének. A másik izzó ezért gyengébben világít, ezt a megfontolást talán már az energia-megmaradás meglévő képzete is sugallhatja. Az indoklás nem állja meg a helyét. A tudományos okoskodás szerint az R megnövelésével megnő a párhuzamosan kapcsolt ellenállások eredő ellenállása, így nagyobb feszültség jut rájuk a telep feszültségéből, vagyis az előbbi helyzethez képest nagyobb lesz az izzón átfolyó áram erőssége is.

Vajon miért úgy indokolnak a gyerekek, ahogy az előbb leírtuk? Mai ismereteink szerint ennek nagyon mély oka van. A jelenség kiválóan vizsgálható egy másik, egyszerűbb feladattal is, ennek ábráját is bemutatjuk 8. ábrán. A feladat az, hogy adja meg a tanuló a kapcsoló A és B pontjai közt mérhető feszültséget a két ábrának megfelelően összeállított áramkörökben.



6-8.ábra Az áramerősség és a feszültség fogalmai értelmezésének problémáiból fakadó tanulási nehézségek diagnosztizálására szolgáló másik feladat ábrája

A gyerekek döntő többsége - ha már tanulta az itt szereplő fogalmakat - pontosan fordítva ítéli meg a kapcsoló kivezetésein meglévő feszültségeket, mint ahogy azt a fizika teszi. A nyitott kapcsolónál 0 V-ot mondanak, a zárt kapcsolónál 1,5 V-ot.

A két feladatban elkövetett „hibáknak" közös a gyökerük. A tanulók a feszültség fogalmával ismerkedve, magukban nem a tudományos elképzeléseknek megfelelően konstruálják meg e fogalmat, hanem lényegében *azonosítják az áramerősséggel*. A feszültség az ő szemükben ugyanúgy az „áram erősségére", energiájára, „hatékonyságára" jellemző mennyiség, mint az áramerősség, sőt, az Ohm-törvénnyel még meg is erősítjük bennük a két mennyiség azonosítására vonatkozó elképzelést.

A feszültség tehát az áram tulajdonsága, s lényegében azonosul az áramerősséggel. A nyitott áramkör esetén nincs áram, tehát a feszültség is 0 V, ha zárjuk az áramkört, akkor pedig az 1,5 V-os elem miatt 1,5 V lesz a kapcsoló kivezetésein a feszültség, hiszen ebben az esetben van áram. Logikus! Nem? Tényleg logikus, ismét egy illusztrációját láthatjuk annak, hogy a gyerekek valójában logikusan szemlélik maguk körül a világot, *csak ennek a logikának a kiindulópontjai különbözhetnek sokszor nagyon lényegesen a tudományos nézőpontoktól*.

Foglaljuk össze, milyen gondolkodási folyamat okozhatja a fent bemutatott feladatok megoldása során a problémákat?

1. A tanuló az elektromos jelenségeket a vezetőkben folyó árammal, az elektronok mozgásával azonosítja.
2. A tanulók többsége ezt a mozgást arisztotelészi módon szemléli, az elektronok azért mozognak egyenletesen, mert hat rájuk a telep feszültsége, s ez minél nagyobb, annál nagyobb az áramerősség, vagyis az elektronok sebessége.
3. A folyamatokat azonban az elektronáram határozza meg egy szekvenciális modell keretében, lokálisan kifejtve az áramköri elemekre a hatását.
4. A feszültség és az áramerősség között arányosság van, de ez nem az Ohm törvény miatt van (a törvény tanulása során csak megerősödik a tanuló elmélete).

A tanítás során jobb megoldásnak látszik az *elektromos mező* fogalmából kiindulni. Ez nem nagy felfedezés, a tankönyvek egy része már régóta ezt teszi, s természetesen az elektromosságtan magasabb szintű felépítései (egyetem, főiskola) is így járnak el. A gyerekek az elektromos jelenségeket az áramhoz kötik nagyon erősen, itt egy mechanikai modell, az elektronok vezetőkben való áramlásának modellje szolgál a megértés keretéül. Pedig az elektronáram valójában „következmény", a primér jelenségek az elektromos mező (vagy erőtér) jelenségei. Számos kutató tett javaslatot arra, hogy a közoktatás minden szintjén – ahol egyáltalán szerepel – a feszültség fogalma szerepeljen előbb, s csak utána az áramerősség (Psillos és mts. 1988, von Rhoneck 1984, Cohen 1984, Cohen és mts. 1983).

A jelenség példa továbbá a differenciálatlan fogalomegyüttesek jelenlétére is. Hiszen a gyermeki gondolkodásban a töltés, áram, áramerősség, feszültség fogalmak valószínűleg rendkívül nehezen differenciálódnak, kezdetben nagyjából ugyanazt jelentik. Nehezíti a megértést az is, ha a tanuló még arisztotelészi mozgásképet birtokol,

hiszen az elektronok mozgását még gyorsító feszültség esetén is egyenletesnek gondolhatja, s nagyon nehezen értheti meg, hogyan „adhat le” energiát az áram, amikor az elektronok egyenletes mozgását feltételezve „energialeadás” esetén meg kellene állniuk.

6.2.3. Az anyagról alkotott gyermeki elképzelések

E téma erősen kötődik a kémia tanulásához is. A gázok jelenségeinek megértése, az anyag részecskékből való felépítettsége, a molekula és atomszerkezet problémái tartoznak ide. Itt is kimondhatjuk, mint ahogy már sokszor tapasztaltuk, hogy a gyerekek határozott fogalmi váltásokon mennek keresztül, amennyiben a tanítás következetes, s valóban értő módon sajátítják el az anyag szerkezetével kapcsolatos iskolai tudást.

A *gázok természetének megértése* a fizika tanulása során fontos kérdésnek látszik. Mindenek előtt a *levegővel* való ismerkedés, a levegő fizikai tulajdonságainak tudományos képek szerinti megkonstruálása tűnik nehéz feladatnak. A gyermeki szemléletben a levegő azonos a „semmivel”, vagy az „álom”, az „emlékezet”, a „gondolat” asszociálódik hozzá. A gáz a legtöbb gyermek számára nem más, mint az „energia-nyeréshez” használt földgáz (PB-gáz, háztartási gáz). Az anyag, még a gáz is a gyermeki elképzelések szerint kezdetben folytonos. Elképzelhetjük, mennyire hosszú, rögös utat kell megtenni innen ahhoz, hogy valaki az anyagot a legmodernebb, kvantummechanikai ihletésű modell keretében képzelje el.

Meg kell tanulnunk, nagyjából kisiskolás korunkban következik ez be, hogy a levegő *egyfajta anyag*. A legkisebb gyerekek - mint már volt róla szó - nem anyagi jellegűnek tekintik, de viszonylag gyorsan eljutnak odáig, hogy számukra is egy anyagfajta legyen. 11-12 éves korban már így használják a gyerekek a levegő szót (Séré 1985). *Piaget* kísérletei szerint azonban még ez az anyagként kezelés sem zárja ki teljesen a levegőnek az álommal, a gondolkodással, a memóriával történő összekapcsolását (Piaget 1972, 93. o.). A 11-12 évesek többsége azonban már „jól” magyarázza, hogy mi van az üres tartályban. Még ekkor is előfordul azonban (Séré 1985, 107. o.), és saját vizsgálatainkban még 15 éves korban sem elhanyagolható mértékben tapasztaltuk, hogy gyerekek nem tudják, mi van a leeresztett kerékpárgumiban.

Sok tapasztalatot szerezhetnek a gyerekek a levegő anyagként való értelmezhetőségével kapcsolatban, ilyenek a légzéssel, a széllel kapcsolatos tapasztalatok. A szélhez kapcsolódó gyermeki elképzeléseknek ugyanakkor érdekes sajátossága lehet, hogy a szelet egyes gyerekek *élőnek tekintik*, hiszen számukra magától mozog. A levegőnek a semmivel, vagy elmefolyamatokkal való azonosítása, illetve a szél élőnek tekintése miatt a levegő fogalmának kialakítása egyáltalán nem könnyű feladat.

A fejlődés kezdeti stádiumaiban a gyerekek többsége számára *a gázoknak nincs tömegük*, s így a levegőnek sincs (Leboutet-Barrell 1976). Az anyag mennyisége a gyermekben a már korábban bemutatott, extenzív leírást lehetővé tevő, differenciálatlan fogalomegyütteshez kapcsolódik, s így a térfogattal is azonosulhat. A több vagy kevesebb gáz a gyermek számára a nagyobb vagy kisebb térfogatot jelentheti, s ezért

lehetséges, hogy sokuk szerint a befogott nyílású orvosi fecskendőben a dugattyúval összenyomott gáz kevesebb, mint az összenyomás előtt. 11 évesek fele válaszol így (Séré 1985). Regisztrálták a kutatók a gázok „negatív tömegének" elképzelését is, ez a gázok felemelkedésének képzetéhez kapcsolódik (Brook és mts. 1989).

Séré írja le ugyancsak, hogy a gyerekek 1/3-a az anyagszerkezeti ismeretek tanítása előtt *a levegőt nem tartja melegíthetőnek*, 2/3-uk szerint pedig a gázokat általában nem lehet melegíteni. A gyerekek a tanítás előtt 2/3 arányban gondolják, hogy a melegítéskor a levegő tömege nem változik, viszont - furcsa módon - a tanítás után a gyerekeknek több mint a fele hiszi azt, hogy változik a tömeg. Ez a jelenség az energiával kapcsolatos gyermeki elképzelések tárgyalásánál leírt jelenségekkel is kapcsolatban lehet. De - megint csak furcsa módon - az új ismeretek negatív hatása is felismerhető. Ugyanis egyes gyerekek úgy gondolják, hogy a tömeg csökken a tágulás miatt, más gyerekek szerint viszont nőtt a tömeg, mert nőtt a nyomás.

Hogyan gondolkodnak a gyerekek a *gázok nyomásával, a gázok által kifejtett erővel* kapcsolatban? *Marie Séré* tanulmánya e kérdés megválaszolásához is nagy segítséget nyújt. Az erőkifejtés összekapcsolódhat a mozgással, pl. a szél esetében. E gyermeki elképzelés mögött az az „elmélet" állhat, hogy csak a mozgó levegő, a mozgó gáz fejthet ki erőt. Ha a gáz áll, akkor csak oly módon képes erőt kifejteni - a gyermeki szemlélet szerint -, ha valami rá is erőt gyakorol. Ezek mögött az elképzelések mögött a mechanikai mozgásokra vonatkozó, rendkívül mély naiv elméletek állhatnak, ezek tárgyalására, a mozgásnak és az erőnek a rendkívül szoros összekapcsolására az arisztotelészi világkép elemzése kapcsán még visszatérünk.

A *vákuum szívóhatása* sok fizikatanár számára ismerős elképzelés. A legkülönbözőbb hidrosztatikai alapelveken működő eszközök - az elképzelés szerint - nem a hidrosztatikai nyomások különbsége miatt működnek úgy, ahogy teszik, hanem azért, mert egy zárt térben *vákuum* keletkezik, s az a folyadékra szívó hatást gyakorol (pipetta, szivattyúk, stb.). A sikeres tanítás eredménye lehet a szívóhatás „kiűzése" a gondolkodási rendszerből, ilyen esetben is probléma lehet azonban, hogy a gyerekek nem képesek komplexen, többféle nyomás együttes hatásával magyarázni a jelenségeket, hanem csak egyetlen nyomást vesznek figyelembe.

Brook és munkatársai (1989) saját, kiterjedt kutatásukra, illetve a szakirodalomban fellelhető eredményekre támaszkodva összegzik a levegővel kapcsolatos gyermeki elképzelések fejlődését. Egy nagy táblázatban mutatják be a részleteket, egyrészt bizonyos szempontok, másrészt pedig életkorok szerint rendezve a fejlődéssel kapcsolatos ismereteinket. E nagy ívű munkának csak az összegzését mutatjuk itt be, nem részletezve az életkorokhoz kötöttséget, valamint a „finom átmeneteket". E szerint a következő területeken tapasztalható fejlődés a gyermeki értelmezésekben:

A levegő *létezésével* kapcsolatban már 5 éveseknél is a „megfelelő" tudás van jelen, de a mozgással asszociálódik, később azonban már a statikus állapotokban is elfogadott a levegő létezése. Az atmoszféra létezésére vonatkozó elképzelések csak később alakulnak ki, s a 16 évesek harmada már tudja, hogy a földfelszíntől való távolodással az atmoszféra változik.

A levegő *összetevőivel*, illetve az *életfolyamatokban betöltött szerepével* kapcsolatban a fejlődés onnan indul, hogy csak viszonylag kevesen tudják az 5 évesek közül, hogy a levegőnek mi a szerepe a légzés során. 8 éves korra azonban ez a tudás

már általánosnak tekinthető, s egyre nagyobb arányban tudják a gyerekek, hogy a belégzett és a kilégzett levegő más összetételű. 16 éves korra a gyerekek fele már tudja a levegő összetételével kapcsolatos alapvető ismereteket, harmaduk az oxigénnek az élők energiaellátásában játszott szerepével is tisztában van.

Azzal a tudással, hogy a levegő *teret foglal el,* az 5 éveseknek a harmada rendelkezik. Ez az arány fokozatosan nő természetesen, később már az összenyomhatóság is része lesz a tudásnak (12 évesek kétharmada elfogadja).

Az *erők egyenletes terjedésével* kapcsolatos tudással kapcsolatban a gázok által kifejtett erő lehetőségének tudata már viszonylag korán kialakul. Érdekes módon a levegő mozgást akadályozó hatásával kapcsolatos tudás lassabban fejlődik. Az, hogy a levegő minden irányban kifejthet erőt, s a nyomás minden irányban ugyanannyi, csak jóval később kialakuló ismeret, a 16 éveseknek is csak egyharmada tudja.

A levegő *tömegével*, illetve *súlyával* kapcsolatban a fejlődés lassúnak tekinthető. A levegő súlyát sokáig a térfogatával arányosnak tekintik a gyerekek, továbbá háromnegyedük még 12 éves korában is negatív súlyúnak vagy súlytalannak képzeli a levegőt.

A *nyomáskülönbségekkel* összefüggésben még a 16 éves korban is nagy arányban találhatók gyerekek, akik a vákuum szívó hatásában hisznek. A külső légnyomás hatásának figyelembe vétele lassan alakul ki, 16 éves korukra is csak harmadukban.

Ezek után térjünk át a *részecskeszemlélet* kialakulásának kérdéseire. Az anyaggal való ismerkedés talán legfontosabb kérdéséről van szó, a gyerekeknek egy hosszú folyamat eredményeként meg kell tanulniuk, hogy a kémiai anyagok molekuláknak és atomoknak nevezett részecskékből épülnek fel, azok struktúrába rendeződésével, s még ezek a részecskék is belső struktúrával rendelkeznek. Itt ráadásul csupa olyan ismeretet kell elsajátítania a tanulónak, amit közvetlenül ellenőrizni az érzékszerveivel soha nem tud.

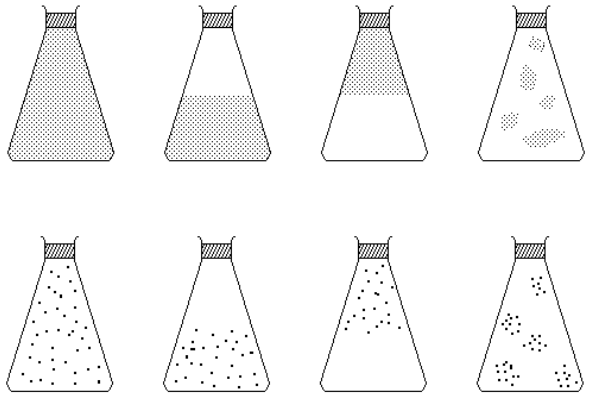
E témában is fogalmi váltásról, sőt több ilyen váltásról van szó. Gondoljuk meg, mi minden múlik a részecskeszemlélet megkonstruálásán! E kép segítségével építhetünk ki korszerű elképzelést a gázokról, az energiaátadás legkülönbözőbb folyamatairól, a termikus kölcsönhatásokról, az anyagmegmaradásról, a nyomásról, az anyagszerkezeti kép teszi lehetővé, hogy a fizikában a hő, belső energia, hőmérséklet fogalmak megfelelő módon differenciálódjanak.

Joseph Nussbaum (1985) elemezte átfogóan a gyerekek részecskeképének alakulásával kapcsolatos ismereteinket. Mit is jelent az, hogy egy részecskeképet kell elsajátítanunk? *Nussbaum* szerint a következő elemek a legfontosabbak:

- a gázok részecskékből állnak;
- a gázok részecskéi egyformán oszlanak szét bármilyen zárt térben;
- a részecskék között üres tér van;
- a gáz részecskéi mozognak, ehhez a mozgáshoz nem szükséges valamifajta külső forrás;
- két gáz keveredésekor különböző részecskékből álló gáz jön létre.

Van egy feladat (Novick és Nussbaum 1978), amelynek segítségével viszonylag egyszerűen elég sokat megtudhatunk a gyerekek anyagfelfogásáról. A gyerekeknek el kell képzelniük, hogy egy lombikból a benne lévő levegő felét kiszivattyúztuk. Meg kell mondaniuk, hogyan helyezkedik el a lombikban a megmaradt gáz. Azt is el kell

képzelniük, hogy a gázt mintegy „láthatóvá teszzük”, vagyis rajzban jól szemléltethető a gáz elhelyezkedése. A feladatot érdemes megoldatni úgy is, hogy a gyerekeket kérjük rajzolásra, s úgy is, hogy bemutatunk számukra nyolc rajzot, melyek közül négy a folytonos anyagképhez, négy pedig a részecskeszemlélethez kapcsolódik



6-9.ábra Melyik ábra jelzi a leginkább hűen az anyag elhelyezkedését egy lombikban?

A 14 évesek kétharmada már az első fázisban, tehát amikor nekik kellett rajzolni, helyesen, *részecskéket szemléltetve* oldotta meg a feladatot. Több mint háromnegyedük a rajzok közül való választás során a részecskéket ábrázoló rajzokból választott. Nehéz megmondani, hogy ez az eredmény „jó”-nak vagy „kevésbé jó”-nak minősíthető, hiszen semmilyen támpontunk nincs arra, milyen arányt tekinthetünk „jó”-nak, elfogadhatónak.

Sok mindent feltár a sajátos gyermeki elképzelések hatásaiból az a feladat, amelyben arra kérik a gyerekeket, hogy mondják meg, mi van a részecskék közötti térben. Saját vizsgálatainkban is tapasztaltuk, még 15 éves gyerekek körében is szép számmal azokat az elképzeléseket, miszerint a részecskék közt levegő van. Nem elhanyagolható arányban kaptunk mi is (*Nussbaumékhoz* hasonlóan) olyan válaszokat, amelyekben mikróbák, szennyeződések, más részecskék, s hasonlók szerepeltek, mint amik a részecskék között helyezkednek el. Arra kell gondolnunk, hogy a részecskék nagyon sok gyerek számára egyáltalán nem azt jelentik, mint egy fizikus, vagy egy vegyész számára. A gyerekek sajátos „tárgyaknak” gondolják a részecskéket, olyanoknak, mint amilyenek a székek, a házak, a ceruzák, csak valamivel (esetleg tudják, hogy sokkal) kisebbek. Köztük mindenféle még kisebb „dolgok” lehetnek, amik a hétköznapi tárgyaink, anyagaink között is szerepelnek, elsősorban a gyaníthatóan folytonosnak gondolt *levegő*.

A gyerekek „szótárában” tehát a részecskék, atomok, molekulák hamar megjelennek, azonban a kép „tisztulása” még hosszú folyamat. Kutatók gyakran tapasztalták, hogy a gyerekek a részecskéket *kis anyagdaraboknak* gondolták, a folyadékok esetében pl. cseppeknek, amelyek ugyanolyan tulajdonságokkal rendelkeznek, mint bármilyen más anyagdarab, s nincs köztük kölcsönhatás (Driver és mts. 1994, 92. o.). Nyilván ez egy „mentő kísérlet” a folytonos anyagkép fenntartása

érdekében, hiszen csak annyit kell elképzelni, hogy ezek a kis „részecskék” együttesen építik fel a vizsgált anyagdarabot, s tulajdonképpen az egész folytonosnak tekinthető. Ebből a képből vezethető le a gyermeki elképzeléseknek az a szintén nagy arányban előforduló jellegzetessége, hogy az anyagi tulajdonságokat, mint a keménység, a hidegség, a melegség, a szín, az összenyomhatóság, stb. a részecskéknek, gyakran az atomoknak tulajdonítják (Pfundt 1981).

A részecskekép fejlődését jelzi, hogy míg kisebb gyerekek esetében a szilárd anyagok részecskéinek elképzelése során gyakran fordul elő, hogy *véletlenszerűen elhelyezkedőnek* gondolják az építőköveket, addig az idősebbek egyre inkább elfogadják a *rendezett struktúra* létét. Míg korábban nem gondolják a részecskéket egyformáknak egy adott (homogén) anyagdarabban, addig az idősebbek (16-18 évesek) nagy többsége már birtokolja ezt a tudást. Az egymással való kapcsolatok, kölcsönhatások tekintetében is fogalmi váltás következik be, a fiatalabbak még kisebb arányban tudják, hogy *a részecskék vonzzák és taszíthatják egymást*, s ennek jelentős a szerepe a szilárd anyagok szerkezetének kialakulásában.

A fizikát tanuló egyetemista, főiskolás már jól tudja, hogy a fázisátalakulások során az anyag „jellege”, vagyis alapvető kémiai „azonossága” nem változik meg. Ezt a gyerekek nem minden esetben gondolják így. Jellegzetes példa a vízgőzé. Vannak, akik szerint az valójában levegő.

A 13 éves gyerekek többsége már használja a részecskék fogalmát a fázisátalakulások megmagyarázása során. A részecskék sebessége, kölcsönhatásaik, egymástól való elszakadásuk már magyarázataik része. Ugyanakkor e folyamatok szemléletét még számos sajátos elképzelés terheli, s nehezíti meg a későbbiekben a tudományos magyarázatok elsajátítását. Az *anyagmegmaradás*, vagy kicsit precízebben a tömeg- és energiamegmaradás – ezt már részben tárgyaltuk – sokáig nem része a gyermeki ontológiának. Saját vizsgálatainkban is tapasztaltuk, hogy még 15 évesek is igen nagy arányban gondolják úgy, hogy a jég elolvadásakor csökken a tömeg. Ugyanez a helyzet a forrással és az égéssel is (Driver 1985).

6.2.4. Mozgásszemlélet

A gyerekek tudományos ismeretnek nem megfelelő tudása néha nem könnyen érhető tetten, s ha kicsit figyelmetlenek vagyunk, mély problémákat mutató gyermeki megfogalmazásokat hagyhatunk jóvá. Biztos sokan elsiklanának a hiba fölött, ha valaki a következőképpen fogalmazná meg *Newton* I. törvényét: „a testek csak más testek vagy mezők hatására mozognak”. Nem nagy a különbség ahhoz viszonyítva, hogy „a testek megtartják álló helyzetüket vagy egyenes vonalú egyenletes mozgásukat, ha ennek megváltoztatására nem kényszeríti őket egy másik test vagy mező”. Végül is „majdnem ugyanúgy szól” mondhatná a figyelmetlen értékelő.

A különbség óriási, s a mechanika tanulásának kiemelkedően legnagyobb problémájával kapcsolatos. Az első megfogalmazásban nem *Newton* I. törvénye, hanem kifejezetten *Arisztotelész* mozgásfelfogása fogalmazódik meg. A mozgásfolyamatok értelmezése kapcsán a közoktatás évfolyamain éppen az a lényeg, hogy a tanulók megértsék, a testek nem hatásra mozognak, hanem a hatás a mozgásállapot megváltoztatásához kell. *Arisztotelész* fizikájában a mozgásnak mindig oka van, ha

nincs mozgást fenntartó tényező, akkor a test megáll. A newtoni elvek szerint azonban a mozgás nem szűnik meg spontán módon, inerciarendszerben a magára hagyott testek állnak, vagy egyenes vonalú, egyenletes mozgást végeznek. Ez a megfogalmazás azonban problematikus, mert bárki megkérdezhetné, mi az az inerciarendszer, s akkor bajban lennénk, de a precízebb megoldást megmutatjuk e könyvnek a mechanika tanításáról szóló fejezetében. Számunkra most csak az az érdekes, hogy a két szemléletmód alapvetően különbözik egymástól, *az arisztotelészi szerint a mozgást valaminek fent kell tartania, a newtoni szerint a mozgás megváltoztatásához kell valamilyen hatás*.

Ez a szembeállítás azonban nem pusztán egy művelődéstörténeti vagy fizikatörténeti érdekesség. A gyerekek a fizika tanulása előtt szinte tisztán *arisztotelészi módon gondolkodnak*, s az emberek többsége nem is képes hatékonyan elsajátítani a newtoni szemléletmódot. Kérdezzünk meg embereket (felnőtteket, gyerekeket) arról, hogy a nehezebb vagy a könnyebb golyó esik-e le hamarabb! Nagyon sokan (iskolai végzettségtől függetlenül kb. az emberek négyötöde) azt mondják, a nehezebb esik le hamarabb. A mögöttes logika ez: a nehezebb testre nagyobb erő hat (nagyobb erővel húzza a Föld), a nagyobb erő gyorsabb esést jelent, tehát ez hamarabb éri el a talajt. Az arisztotelészi képnek ugyanis része, hogy *a hatás nagyságától függ az, hogy egy test milyen gyorsan mozog*. Jól tudjuk, a newtoni képben az erő a test *gyorsulását* határozza meg, s nem a sebességét.

Számos kutatás foglalkozott e helyzet feltárásával, a gyerekek sajátos mozgáselképzeléseinek elemzésével. Ezek egy része az erővel kapcsolatos gyermeki szemléletet vizsgálta, de természetesen ezek az elemzések nem kerülhették el, hogy a mozgások gyermeki szemléletével is foglalkozzanak. Sok kutatás eredményeinek összegzéseképpen is *Rosalind Driver* és munkatársai áttekintő jellegű könyvükben (1994) a következőképpen foglalják össze az erővel (s benne tulajdonképpen a mozgással) kapcsolatos sajátos gyermeki elképzeléseket:

- ha van mozgás, akkor erőhatás is van,
- ha nincs mozgás, akkor nincs erőhatás (ebben a statikus szituációkban tapasztalható erőhatások kizárása is benne van),
- nem lehetséges mozgás erőhatás nélkül,
- ha egy test mozog, akkor a mozgása irányában hat rá erő,
- egy mozgó test megáll, ha az ereje elfogy,
- egy mozgó testnek ereje van, amely belülről mozgásra készteti,
- a mozgás arányos a ható erővel,
- állandó sebességet állandó erő eredményez (Driver és mts. 1994, 149. o.).

A pontok egyike, másika azzal kapcsolatos, hogy a gyerekek közül többen az erőt egyetlen (mozgó) testhez rendelik, s nem a testek közötti kölcsönhatáshoz. Ez az elképzelés közel áll a fizika történetében is komoly szerepet játszott *impetus-elmélethez* (Simonyi 1978), s valójában megoldást kínál a problémák elkerülésére. Több kutató javasolja, hogy a gyermeki értelmezést használjuk fel egy következetes impulzus fogalom kiépítésére, s az erőt később vezessük be (Osborn 1985, Watts és Gilbert 1985a).

A gyerekek számára különböző erők léteznek. A testeket „mozgató”, folyamatosan ható erő nem ugyanolyan, mint a dobáskor, vagy az ellökéskor, az ütéskor kifejtett erő, s egészen más a csak a testek tartására „szolgáló” erő (Erickson és Hobbs 1978).

A mozgás értelmezésével kapcsolatban a gyermeki elképzelésekben nehezen kap helyet a gyorsulás. A szót sokkal inkább magával a sebességgel asszociálják a gyerekek. Így *Jones* (1983) kimutatta, hogy sok gyerek számára a sebesség növekedésekor a gyorsulás is növekszik, 12-14 évesek 88 %-a produkálta ezt az értelmezést. Itt érdemes megemlítenünk a *Rosalind Driver* által leírt egyik érdekes esetet, amelyben egy tanuló szinte „kitalálta a kvantummechanikát”. Ugyanis annak érdekében, hogy megmentse arisztotelészi mozgásfelfogását, az órán tanultakat, hogy tudniillik erő hatására gyorsulhat a test, úgy magyarázta, hogy az erő nem folytonosan hat, kis, észrevehetetlen lökésekben, s ekkor löki a testet nagyobb sebességre. Egyébként, két lökés között a test lassul, de a következő lökés még az előzőnél is nagyobb sebességet ad neki. Zseniális kitaláció, egyben egy érdekes tanulástípus is, amikor a gyermek úgy változtatja meg a tanulnivalót, hogy elfogadható is legyen az információ, de ne is kelljen feladnia eredeti elképzeléseit (Driver, 1983, 46. o.).

Az arisztotelészi elképzelések jelenléte számos feladat segítségével kimutatható. Alkalmas erre a már említett „ejtési” feladat, vagyis azt tudakoljuk, hogy ugyanolyan magasról leengedve a könnyebb vagy a nehezebb golyó esik-e le hamarabb (persze viszonylag súlyos testekkel – nem árt akár kg-os nagyságrendű tömegeket használni - kell végezni a kísérletet, mert különben a légellenállás valóban különbséget okoz a leérkezés idejében). Különböző helyzetekben érdemes rákérdezni az éppen mozgó testre ható erők eredőjére, pl. éppen a parabola pályája valamelyik pontján tartó, kilőtt ágyúgolyó, vagy a függőlegesen felfelé szálló labda esetében (az utóbbi feladatot *Korom Erzsébet* is használta hazánkban elsőnek tekinthető empirikus vizsgálataiban – Korom 1998). Hasonló lehet a feladat egy lengő inga esetén, vagyis milyen irányú erő hat egy fonálra felfüggesztett és lengő golyóra, ha mondjuk egyik oldali kitérése esetén éppen félúton van, s a legalsó pontot éppen elhagyja. Kisebb gyerekektől érdemes megkérdezni, miért áll meg a szőnyegen elgurított labda, vagy miért áll meg az autó a sík terepen, ha kikapcsoljuk a motorját. Megint csak idősebbek esetében érdemes feltenni a kérdést, hogy ha egy autó az országúton, szép egyenes pályán 80 km/h sebességgel halad, akkor miért kell működnie a motornak.

Az arisztotelészi kép hatásának vannak rejtettebb esetei is. Egy kutatásban tényleges kísérletben vizsgálták 17-18 éves tanulók mozgásról alkotott elképzeléseit. Egy felfüggesztett kerékpár kerékabroncs szolgált csigaként, a rajta átvetett kötél egyik végére homokkal félig telt vödröt helyeztek, a másik oldalon ezt gondosan kiegyensúlyozták nehéz testekkel. Azt kérték a tanulóktól, mondják meg előre, mi fog történni, ha egy egészen kevés homokot öntenek még a vödörbe. A tanulók nagy része azt jósolta, hogy a vödör egy kicsit elindul, majd megáll. Ez a „megáll” az érdekes itt, ez utal az arisztotelészi képre. A kísérlet úgy volt beállítva, hogy a nyugalmi súrlódás miatt valójában a kis homoktól nem tudott elindulni a rendszer. A kísérlet elvégzése után a mozgást és megállást jósló tanulók közül sokan azt mondták, hogy ők látták megmozdulni a vödröt. Voltak, akik szerint mozgott, de olyan kicsit, hogy nem lehetett látni. S persze voltak, akik zavarban voltak, illetve kevesen, akik felülvizsgálták nézeteiket. Ezek után azt kellett megjósolni, mi lesz, ha lényegesen több homokot

töltünk a vödörbe. Sokan ismét ugyanazt az előrejelezést tették, mint az előbb, s amikor látták, hogy a vödör gyorsulva elindul, s nem áll meg, akkor azt mondták, hogy megállt volna később, ha lett volna elég hely (Gunstone és White 1981).

Még ennél is rejtettebb a kapcsolat az arisztotelészi mozgáskép és a között, ahogyan sok gyerek a *testek tehetetlenségi mozgásáról* gondolkodik. Egy asztal széléről lelökött, hajítási – parabola – pályán mozgó test esetében gyakran rajzolnak függőleges egyenes, vagy ferde egyenes pályát. Egy repülőből kidobott csomag számukra közvetlenül a kidobás helye alatt ér talajt.

Nagyon fontos egy pedagógus számára annak megértése, hogy mindezek a gyermeki elképzelések *nem hibák*, legalábbis egy konstruktivista szemüvegen keresztül szemlélve. A gyerekekben egy viszonylag jól felépített rendszer uralkodik a mozgások szemléletével kapcsolatban, s ezzel képes megmagyarázni a körülötte zajló eseményeket. Az emberek, még a fizikusok is, nagyon különböző módon gondolkodhatnak a mozgásokról, s nagy valószínűséggel az arisztotelészi képet mindannyian használjuk, sőt, még az is lehet, hogy életünkben a legtöbbször ehhez fordulunk, különösen, ha cselekvésünk nem tudatos (a legtöbb ember persze a tudatos magyarázataiban is). A mozgásról alkotott elképzeléseink (arisztotelészi kép, newtoni fizika, Einstein relativitáselmélete(i)) mind ott lehetnek bennünk, s a megfelelő szituáció esetén kiválasztódnak, mint a problémák megoldásának eszközei, mint döntéseink és magyarázataink meghatározói. Nem arra kell megtanítani tanítványainkat, hogy minden esetben csakis a newtoni elgondolások szerint gondolkodjanak, hanem arra, hogy az egyes kontextusokban a megfelelő elméletet alkalmazzák. Csak a tudatos elemzést igénylő, problematikus helyzetekben kell „átírnia” a Newton elméletnek az arisztotelészit (s magasabb szinten az einsteininek a newtonit), a nem tudatos, implicit kognitív folyamatokban minden gond nélkül működtethetjük az arisztotelészi mozgáselképzelést.

Végezetül felhívjuk a figyelmet, hogy könyvünk egyik fejezete részletesen foglalkozik a mechanika tanításának kérdéseivel, ott e problémákra részletesebben is kitérünk, a tanítás során alkalmazható eljárásokkal együtt.

6.2.5. A fényről alkotott elképzelések

A fizikát hosszabb ideje tanulók már tudják, hogy a fény a fizika számára meglehetősen „kemény dió”. *Elektromágneses hullám*, vagyis az elektromágneses jelenségek között a legbonyolultabbak közé sorolható. A kvantumfizikai modellekben ugyanakkor egyszerre van *részecske és hullám* jellege, s miközben egyik szakköri órán arról beszélhetünk a gyerekeknek, milyen mintázatokat alkothatnak az **E** és **B** vektorok a fényben, egy másik órán arról kell beszélnünk, hogy mik a fotonok, s mit „csinálnak”. S ehhez most akkor „adjuk hozzá”, hogy a gyerekek a fizika tanulása előtt már kialakítanak magukban elképzeléseket a fényről. Nyilván most is, mint minden eddig vizsgált esetben, érdemes elemezni a sajátos értelmezések lényegét.

A gyerekek fénnyel kapcsolatos értelmezései kezdetben messze állnak a tudományos elképzelés(ek)től. Nem mint önálló fizikai entitást (létezőt) szemlélik, hanem szorosan összekapcsolják a fényforrással (szinte azonosítják azzal), vagy a „tér” egyfajta állapotaként értelmezik (világos van). Minden esetre a 300 000 km/s

sebességgel száguldó „valamik” (hullámok, részecskék) képzete nehezen és csak sokára alakul ki.

Watts és Gilbert leírtak hét olyan értelmezési keretet, amelyekben a gyermeki elképzelések megfogalmazódhatnak (Watts és Gilbert 1985b). Ezek a következők:

- Az éles és a „hétköznapi” (vagyis a dolgokat megvilágító) fény megkülönböztetése. Ebben a képben egy skálán helyezhetők el a fények a nagyon éles, direkt fénytől a sötétségig (sok kisgyerek a sötétséget „fekete fénynek” tartja). Az árnyék ebben a képben csak az éles fény hatására alakul ki.
- Sok gyerek számára a fény részekből áll.
- Sok gyerek a fényt nem kapcsolja össze a látással. A fény megvilágítja a tárgyakat, de a gyerekek kérdésekre adott válaszaiban nincs jelzés arra, hogy a látás e fény visszaverődése és szembe jutása révén jönne létre. A látást pusztán annak tekintik, hogy a szem érzékeli a megvilágított dolgokat.
- A fény emberi szándékokkal összefüggésben való értelmezése. A fény azért van, hogy láthassuk a dolgokat.
- Nagyon különböző fények értelmezése, vagyis a nagyon különböző körülmények közt létrejövő, s nagyon különböző hatásokkal rendelkező fények éles elkülönítése.
- A fény a nagy, fénykibocsátásra képes tárgyak tulajdonsága.
- A vetített fény képzete, amelyben a fényt a gyermek kivetített szubsztanciának gondolja, amely a fényt is viszi, s lelassítható, akár meg is állítható.

Valljuk meg őszintén, ezek a különböző értelmezések ilyen egyszerű leírásban nehezen azonosíthatók, illetve nehezen is különböztethetők meg egymástól. Jelenleg azonban nem rendelkezünk a gyermeki fény-elképzelések ennél jobb leírásával. Nagyon nehéz ennek a témának a kutatása, mert a gyerekek fényről alkotott gondolatai annyira implicitek, nyelvileg annyira kevéssé megfogalmazhatók, hogy nagyon nehezen kaphatunk betekintést a sajátos elképzelésekbe. Sokszor úgy beszélhetünk a gyerekek fénnyel kapcsolatos elképzeléseiről, hogy bizonyos, a tudományétól eltérő pontokra, értelmezés-részletekre mutatunk rá. Részben átfedésben az előző „listával”, álljon itt ezeknek a „tévhiteknek” egy általunk leírt sora:

- A fény nem önálló entitásként kezelése.
- A fénynek nem összekapcsolása a mozgással (a fény körülöttünk, a dolgok körül van, de nem halad, nem mozog).
- A fénynek a világos tárgyak tulajdonságaként kezelése.
- A sötétség nem más, mint fekete fény.
- A fény és a látás jelenségeinek szétválasztása.
- A látás azzal magyarázható, hogy a szemből sugarakat bocsátunk a tárgyakra.
- A fény éjszaka messzebb jut el, mint nappal.

Más témák esetében a kutatások sokkal világosabb magyarázatokhoz vezettek, mint a fény esetében. Ma nem rendelkezünk egy átfogó, elméletileg megalapozott, a gyermeki elképzelések világos kategorizálását nyújtó leírással a gyermeki fény-értelmezéssel kapcsolatban. Kutatás nagyon sok volt e téren (csak két összefoglaló, további hivatkozások garmadáját tartalmazó forrást említünk: Driver és mts. 1994, Guesne 1985), de a „szintézis” még várat magára.

A tanítás során azonban az eddig szerzett ismeretek is jól használhatók. A legtöbb tanár azt gondolja – persze ez nem tudatos -, hogy a gyerekek már egy fejlett fény-

elképzeléssel rendelkeznek. Képesek vagyunk a tanítás során minden előkészítés nélkül közölni, hogy a fény egyenes vonalban terjed, s hogy milyen nagy a sebessége, továbbá minden fenntartás nélkül rajzoljuk le a fénysugarat az óráinkon, mintha természetes lenne, hogy az „halad", „visszaverődik", „megtörik". Ez azonban a gyerekek egy jó része számára egyáltalán nem természetes. Már alsó tagozatban szükség lenne olyan alkalmakra, amelyeken a fény természete kerül szóba. Ki kellene hoznunk a gyerekekből, hogy ők miképpen gondolnak a fényre. Tegyünk fel furcsa kérdéseket! Pl.:

- Van-e sötétben fény?
- Miért látjuk a sarokban álló szekrényt?
- Mi történik a fénnyel, ha egy befüggönyözött szobában eloltjuk a villanyt?
- Mi történik, ha felkapcsoljuk a villanyt?
- Mit tudnátok mondani az árnyékról? Stb.

Nem arra van szükség, hogy azonnal „átadjuk" a „helyes" ismereteket a gyerekeknek, ez a konstruktivista elképzelések szerint nem is lehetséges. Meg kell ismernünk az elképzeléseiket, s ami még ennél is fontosabb, nekik maguknak kell tudniuk kifejezni, egyre plasztikusabban megfogalmazni saját gondolataikat. A tudományos (vagy annak tartott) elképzelés, mint alternatíva szerepeljen. Kínáljuk fel értelmezési lehetőségként. Ne szégyelljünk modellt használni. Kisebb gyerekeknek talán a részecskemodell a leginkább megfelelő: a fényben nagyon-nagyon-nagyon kicsike golyócskák repülnek iszonyúan nagy sebességgel. Ehhez persze szükséges, hogy már az anyaggal kapcsolatban egy viszonylag jól formált részecskeképpel rendelkezzenek a gyerekek, s ez nehézzé teszi az ilyen tanítás kivitelezését.

Ez az egész most exponált probléma felveti annak szükségességét – de bármelyik korábbi témánál is leírhattuk volna -, hogy már alsó tagozatban kezdjünk el kialakítani bizonyos elképzeléseket a gyerekekben (teremtsünk olyan környezetet, amelyben már megkonstruálhatnak bizonyos tudományos, vagy ahhoz közeli modelleket). Ez biztosan szentségtörésnek hangzik olyan kollégáink számára, akik a legszívesebben minden tudományos tartalmat száműznének az alsós természetismeretből, környezetismeretből, s csak az állatok és növények minél részletesebb leírását, szemlélgetését tartanák meg. Reméljük, eddigi okfejtéseink világosan láttatták, hogy a tudományos fogalmak kialakítását minél hamarabb el kell kezdeni. Nem kell nagyon gyorsan haladnia ennek a folyamatnak, nem szükséges, hogy az alsósok már Newton törvényeiről, fotonokról és termodinamikai összefüggésekről tanuljanak. De arra mindenképpen szükség van, hogy felszínre hozzuk a gyermeki elképzeléseket, magukkal a tanulókkal láttassuk, hogy miképpen gondolkodnak, s felajánljunk bizonyos alternatívákat úgy, hogy azok a gyerekek által, a már meglévő tudásukkal megkonstruálhatók legyenek. Könyvünk természetesen nem erről a feladatról szól, hiszen a fizika tanítása „igazán szervezett módon" csak a felső tagozatban kezdődik el, de a fizika tanároknak sem árt tudni, milyen előzményük van, s milyen előzményeik lehetnének a saját munkájuknak. Általános iskolákban dolgozó kollégáink netán még segíthetnének is az alsós tanítóknak olyan oktatási programok kialakításában, amelyek a ma jellemzőnél következetesebb, a gyermeki fejlődésnek jobban megfelelő, a későbbi tanulmányokat jobban előkészítő módjait alakítanák ki a fizikai ismeretek alsós tanításának.

Feladatok

1. Elemezze valamelyik fizika tantervet (NAT, kerettanterv, mintatantervek, bármilyen helyi tanterv megfelelő része) abból a szempontból, hogy mely pontokon vették figyelembe a tanterv szerkesztői, illetve mely pontokon hagyták figyelmen kívül a gyerekek sajátos elképzeléseit.
2. Csoportban dolgozva az e tankönyvben, továbbá más forrásokban megtalálható tesztfeladatok segítségével állítsanak össze egy rövid tesztet, amellyel valamely fizikai tudásterületen a gyerekek sajátos elképzeléseit akarják felmérni. Próbálják ki a tesztet, javítsák a hibákat, a következetlenségeket, s az idejük, energiájuk megengedte nagyságú mintán végezzék el a vizsgálatot. Egy kis tanulmány keretében összegezzék az eredményeket.
3. A gyermeki elképzelések kutatása során nagyon gyakran teszteket, „papír-ceruza feladatokat" használnak, más kutatásokban viszont interjús módszereket. Ez utóbbiak intenzívebb vizsgálatokra adnak lehetőséget. A fejezet olvasása során Önben is megfogalmazódhatott néhány további kérdés a gyerekek elképzeléseit illetően. Sok területen nem ismerjük még a gyerekek gondolkodásának részleteit, azt, miért éppen úgy oldják meg a feladatokat, ahogyan megoldják. Interjús módszerrel az ilyen kérdések is vizsgálhatók. Tervezzen meg egy ilyen interjút! Jelölje ki valamelyik, Önt érdeklő területet, alaposan gondolja át, mit tudunk már eddig a gyerekek elképzeléseiről azon a területen, s fogalmazza meg e tudás hiányosságait is. Az interjúban a kiválasztott gyerektől először olyan feladatok megoldását kérje, amelyekkel kapcsolatban már vannak ismereteink, a későbbiekben azonban igyekezzen utánajárni a részleteknek. Érdemes a gyerek aktuális válaszából kiindulni, annak nyomvonalán haladni tovább. Kérdezzünk rá a miértekre, arra, hogyan gondolt valamit a gyerek egy megfogalmazás során, kérjünk példákat, rajzoltassunk, stb. Egy-két ötlet:

- A gyerekek az összeöntés esetén összeadják a hőmérsékleteket. A részleteket azonban nem ismerjük. Miért adják össze? Nem lehet, hogy egyszerűen csak „figyelmetlenek"?
- Előfordul, hogy egyes gyerekek a megolvadó jeget (tehát a vizet) nehezebbnek gondolják, mint az eredeti jég. Ha egy pohárban lévő jeget a mérleg egyik serpenyőjére teszünk, s kiegyensúlyozzuk a mérleget, akkor szerintük az olvadás közben felbillen a mérleg, s a pohár kerül lejjebb. Ha egy gyereknél ezt tapasztaljuk, próbáljuk meg kideríteni az okát!
- Ha összeöntünk 1 dl 30°C-os és 1 dl 50°C-os vizet, akkor egyes gyerekek szerint 20 C-os vizet kapunk. Járjunk utána, miért gondolkodnak így (lehet előre hipotézisünk erről, nem írjuk le, ez is egy feladat: tessék hipotézist alkotni, miért gondolkodnak így egyes gyerekek).
- A fénnyel kapcsolatos tanulói elképzelések „papír-ceruza feladatokkal" való vizsgálata elég szegényes eredményeket ad. Érdemes részletesebben megismerni a meginterjúvolt gyerek elképzeléseit. A kiinduló feladat lehet a következő: nyilakkal jelezze a gyerek egy rajzon, hogy miképpen látunk egy virágot, vagy egy fát.
- Különösen kicsi gyerekeknél érdemes érdeklődni afelől, hogy miért gondolják úgy, hogy a testek, ha nem hajtja őket semmi, fokozatosan megállnak. (Miért áll meg a labda, ha elgurítom a szőnyegen?)

- Nagyobb gyerekek esetén érdemes a testekre ható erőről érdeklődni. Kiinduló feladat lehet (legalább 7. osztályosokkal), hogy vajon milyen irányú erő hat a függőlegesen feldobott labdára a felfelé szállása közben, illetve amikor éppen a legmagasabbra ér.

4. Tekintse át a gyerekek levegővel kapcsolatos elképzelései kutatásának eredményeit! Vonjon le következtetéseket arra vonatkozóan, hogy – most létező tantervektől függetlenül – mikor mit lenne érdemes megtanítani a gyerekeknek? Fogalmazza meg, hogyan befolyásolhatná ez az elképzelés a fizika jelenleg érvényes tanterveinek átalakítását.
5. Keressen a hétköznapi nyelvben olyan kifejezéseket, amelyek az „erő" szót tartalmazzák. Írjon egy rövid esszét arról, hogy a hétköznapi tevékenység során milyen esetekben használjuk az erő fogalmát, ezek közül melyik mögött milyen elképzelések állhatnak az erőkkel, a mozgással összefüggésben, s hogyan hathatnak a gyerekekben formálódó elképzelésekre.
6. Tanulmányunkban számos területét nem érintettük a gyermeki fizikának (nem volt rá elég helyünk, s koncentrálni akartunk bizonyos témákra). Egyes, itt nem tárgyalt területeken önállóan, vagy párban, esetleg csoportban dolgozva is felderíthetik a szakirodalom alapján, vagy akár önálló „kutatást" indítva az ismereteket. Néhány ajánlat:

- A gravitáció gyermeki elképzelése, gravitáció és levegő kapcsolata.
- A mágneses jelenségekről alkotott gyermeki elképzelések természete.
- Hogyan gondolkodnak a gyerekek a hangról?
- Az erők egyensúlyához kapcsolódó jelenségek szemléletmódja a gyerekek körében.

Felhasznált irodalom

Brewer, W. F. & Samarapungavan, A. (1991): Children's Theories vs, Scientific Theories? Differences in Reasoning or Differences in Knowledge? In: Hoffmann, R. R. & Palermo, D. S. (Szerk.) *Cognition and the Symbolic Processes: Applied and Ecological Perspectives.* Lawrence Erlbaum, Hillsdale. 209-232.

Brook, A. és Driver, R. (1984): *Aspects of Secondary Students' Understanding of Energy*. Full Report, CLIS.

Brook, A. Driver, R. és Hind D. (1989): Progression in science: the development of pupils' understanding of physical characteristics of air across the age range 5-16 years. Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University Leeds, Leeds.

Carey, S. (1985): *Conceptual Change in Childhood*. MIT Press, Cambridge.

Chi, M. T. H., Slotta, J. D. és deLeeuw, N. (1994): From Things to Process: A Theory of Conceptual Changes for Learning Science Concepts. *Learning and Instruction*, 4. 27-43.

Cohen, R. (1984): Casual relations in electric circuits: students' concepts. In: Duit, R., Jung, W. és Rhoneck, C. von (Szerk.) *Aspects of Understanding Electricity.* Proceedings of the International Workshop, 10-14 September, Ludwigsburg. Schmidt and Claunig, Kiel. 107-113.

Cohen, R., Eylon, B. és Ganiel, U. (1983): Potential difference and current in simple electric circuits: a study of students' concepts. *American Journal of Physics*, 51(5) 407-412.

Cosgrave, M. (1995): A study of science-in-the-making as student generate an analogy for electricity. *International Journal of Science Educatuion*, 17(3) 295-310.

Driver, R. (1983): *The Pupil as Scientist?* Open University Press, Milton Keynes, Philadelphia.

Driver (1985): The Conservation of matter under physical and chemical transformations. In: Driver, R., Guesne, E. és Tiberghien, A. (Szerk.) *Children's Ideas In Science*. Open University Press; Milton Keynes, Philadelphia. 145-170.
Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (Szerk.) (1985a.): *Children's Ideas In Science*. Open University Press; Milton Keynes, Philadelphia.
Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1985b.): Children's Ideas and the Learning of Science. In: Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (Szerk.) *Children's Ideas In Science*. Open University Press; Milton Keynes, Philadelphia. 1-9.
Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (1994): *Making sense of secondary science: Research into children's ideas*. Routledge; London, New York.
Duit, R. (1981): Understanding Energy as a Conserved Quantity - Remarks on the Article by R. U. Sexl. *European Journal of Science Education,* 3(3) 291-301.
Duit, R. (1987): Should energy be illustrated as something quasi-material? *International Journal of Science Education,* 9(2) 139-145.
Erickson, G. (1977): Children's conceptions of heat and temperature phenomena. Paper presented as part of the symposium on „Patterns os students' beliefs – implications for science teaching" at the CCSE convention, June, Fredericton.
Erickson, G. és Hobbs, E. (1978): The developmental study of student beliefs about force concepts. Paper presented to the 1978 Annual Convention of the Canadian Society for the Study of Education . 2 June, London, Ontario.
Feynman, R., Leighton, R. B. és Sands, M. (1985): *Mai fizika*. I. kötet. Mûszaki Könyvkiadó, Budapest.
Guesne, E. 1985. Light. In: Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (Szerk.) *Children's Ideas In Science*. Open University Press; Milton Keynes, Philadelphia.
Gunstone, R. F. és White, R. T. (1981): Understanding of Gravity. *Science Education*, 65(3) 291-299.
Jones, A. T. (1983): Investigation of student understanding of speed, velocity and acceleration. *Research in Science Education.* 13 95-104.
Korom Erzsébet (1998): Az iskolai és a hétköznapi tudás ellentmondásai: a természettudományos tévképzetek. In: Csapó Benő (szerk.): *Az iskolai tudás*. Osiris Kiadó, Budapest. 139 - 168.
Leboutet-Barrell, L. (1976): Concepts of mechanics among young people. *Physics Education,* 20 462-465.
Novick, S. E. és Nussbaum, Joseph (1978): Junior high school pupils' understanding of the particulate nature of matter; An interview study. *Science Education,* 62(3) 273-281.
Nussbaum, J. (1985): The Particulate Nature of Matter in Gaseous Phase. In: Driver, R., Guesne, E. és Tiberghien, A. (Szerk.) *Children's Ideas In Science*. Open University Press; Milton Keynes, Philadelphia. 124-144.
OM 1985. *Nemzeti alaptanterv.* Korona Kiadó, Budapest.
Osborn, R. I. (1981): Children's Ideas about Electric Current. *Journal of Research in Science and Technological Education.* 1, 73-82.
Osborn, R. I. 1985. Building on children's intuitive ideas. In: Osborn, R. I. és Freyberg, P. (Szerk.) *Learning in Science.* Heinemann, Auckland.
Pfundt, H. (1981): The atom – the final link in the division process or the first building block? Pre-instructional conceptions about structure of substances. *Chemica Didactica,* 7 75-94.
Piaget, J (1972): *La représentation du monde chez l'enfant*. Presses Universitaires de France, Paris.

Psillos, D., Koumaras, P. és Tiberghien, A. (1988): Voltage presented as a primary concept in an introductory teaching sequence on DC circuits. *International Journal of Science Education,* 10(1) 29-43.
Shipstone, D. M. (1985): Electricity in simple circuits. In: Driver, R., Guesne, E. és Thiberghien, A. (Szerk.) *Children's Ideas in Science.* Open University Press, Milton Keynes. 33-51.
Simonyi Károly (1978): *A fizika kulturtörténete*. Gondolat Kiadó, Budapest
Séré, M. G. (1985): The Gaseous State. In: Driver, R., Guesne, E. és Tiberghien, A. (Szerk.) *Children's Ideas In Science*. Open University Press; Milton Keynes, Philadelphia. 105-123.
Sexl, R. U. (1981): Some Observations Concerning the Teaching of the Energy Concept. *European Journal of Science education,* 3(3) 285-289.
Shipstone, D. (1985): Electricity in Simple Circuits. In: Driver, R., Guesne, E. és Tiberghien, A. (Szerk.) *Children's Ideas In Science*. Open University Press; Milton Keynes, Philadelphia. 33-51.
Simonyi Károly (1978): *A fizika kulturtörténete.* Gondolat Kiadó, Budapest.
Solomon, J. 1983. Learning about energy: How pupils think in two domains. *European Journal of Science Education,* 5(1) 49-59.
Tiberghien, A. (1983): Critical review of research concerning the meaning of electric circuits for students aged 8 to 20 years. In: *Research on Physics Education.* proceedings of the First International Workshop, 26 June – 13 July, La Monde les Maures, France, Edition du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris. 109-123.
Trumper, R. (1990): Being constructive: An alternative approach to the teaching of the energy concept - part one. *International Journal of Science Education*, 12(4) 343-354.
von Rhoneck, C. (1984): The introduction of voltage as an independent variable – the importance of preconceptions, cognitive conflict and operating rules. In: Duit, R., Jung, W. és Rhoneck, C. von (Szerk.) *Aspects of Understanding Electricity.* Proceedings of the International Workshop, 10-14 September, Ludwigsburg. Schmidt and Claunig, Kiel. 275-286.
Watts, D. M. és Gilbert, J. K. (1985a.): *Appraising the understanding of science concepts: force.* Department of Educational Studies, University of Surrey, Guildford.
Watts, D. M. és Gilbert, J. K. (1985b.): *Appraising the understanding of science concepts: light.* Department of Educational Studies, University of Surrey, Guildford.

7. PROBLÉMÁK ÉS FELADATOK MEGOLDÁSA A FIZIKA TANULÁSA SORÁN

NAHALKA ISTVÁN ÉS POÓR ISTVÁN

7.1. Bevezetés

Az ismeretek elsajátítása szükségességének egyik legfontosabb (de természetesen nem kizárólagos) magyarázata az, hogy életünkben számtalan problémát kell megoldanunk, s e problémamegoldáshoz szükségünk van arra a tudásra, amit többek közt az iskolában szerezhetünk meg, s azon belül is többek közt a fizikaórákon. A hagyományos fizikatanításnak is része a problémamegoldás, igaz, ott gyakran redukálódik bizonyos típusfeladatok megoldására. E fejezetben a fizikai problémamegoldás „világát" ennél jóval szélesebben szeretnénk értelmezni. A konstruktivista pedagógiának e kérdésben is lényegesen új mondanivalója van.

Mit is jelent kognitív pszichológiai értelemben a probléma? Először is semmiképpen nem azt, amit sokakban felidéz ez a szó a fizikatanításban, hogy ti. a problémák tulajdonképpen a fizika feladatok, elsősorban olyanok, amilyeneket a ma is népszerű feladatgyűjtemények tartalmaznak. Elismerve, hogy természetesen egy fizika feladat megoldása is lehet probléma, illetve elismerve azt is, hogy a jobb feladatgyűjteményekben találunk igazán érdekes, a hagyományos feladatokra egyáltalán nem hasonlító problémákat is, a fogalmat mégis tágítanunk kell.

7.2. Probléma és feladat, alapvető értelmezések

Probléma minden olyan szituáció, amely *cselekvésre késztet*, s amelyben nem azonnal adott, hogy a cselekvési igény milyen úton, milyen *algoritmussal* elégíthető ki. A problémák mindig valamilyen feszültséget, ellentmondást, megoldatlanságot jelentenek, s nagyon fontos jellemzőjük, hogy *kognitív erőfeszítést* igényelnek. A problémaszituációkban a cselekvés számára tervet kell készíteni, ennek a tervnek korábban legfeljebb az elemei voltak meg.

Egy olyan fizika feladat megoldása, amely esetében a megoldó rendelkezik egy azonnal előhívható algoritmussal, s ezt megfelelő színvonalon produkálni is tudja, nem problémamegoldás. Kiépült szokások mozgósításával megoldható feladatok nem jelentenek problémát. A már gyakorlott tanuló számára nem probléma egy fizikai

kísérlet összeállítása, ha már többször megtette, s szinte már készségszintre fejlődtek benne az egyes lépések, s azok összeszervezése. Egy feladat megoldása, amelyben egy azonnal megtalálható képletbe kell csak behelyettesíteni, esetleg még bizonyos mértékegység-átváltásokat kell elvégezni, szintén nem probléma.

Ebből a leírásból látható, hogy csak *konkrét szituációban* lehet arról beszélni, hogy valami probléma vagy nem probléma. Az egyik tanuló számára egy feladatgyűjtemény egy tétele probléma, a másik számára már nem az, hanem egy algoritmus gyakorlása pusztán. Ez utóbbi sem érdektelen, *a gyakorlásnak, az ismétlésnek, a lehetőleg változatos körülmények közötti alkalmazásnak is nagy a jelentősége*, de minden esetre mást jelentenek, mint a valódi kognitív „erőkifejtést" igénylő problémamegoldás. Inkább a *feladatmegoldás* kategóriájába kell sorolnunk az ilyen tevékenységeket.

Mindebből azonnal adódik egy következtetés: mind a *problémamegoldás* lehetőségét, mind a *gyakorlás* és *alkalmazás,* tehát a *feladatmegoldás* lehetőségét biztosítanunk kell a fizika órákon. Ne higgyük azonban azt, hogy algoritmuskövetést igénylő fizika feladatokkal megoldottuk a problémamegoldásra nevelést.

A gyakorlati pedagógiai munkában azonban gyakran redukáljuk a problémamegoldást lélektelen algoritmusok feladatmegoldásnak nevezett gyakoroltatására. A téma kiváló szakértője, *Jose P. Mestre* így ír erről:

A problémamegoldás tanítása az iskoláinkban általában nem épül azokra a technikákra, amelyeket a jó képességekkel rendelkező problémamegoldók használnak. A középiskolai fizikaoktatásban a hangsúly rendszerint azokon a problémaspecifikus eljárásokon és matematikai manipulációkon van, amelyek segítik a tanulót az eredmény elérésében, szemben azoknak a hatékony és általánosítható eljárásoknak az alkalmazásával, amelyek változatos kontextusokban lennének használhatók. A kvalitatív megfontolásokra és a konceptuális tudás integrálására való koncentrálás hiánya a problémamegoldás tanításában azoknak az eljárásoknak és formális megközelítéseknek a magolására késztet, amelyek alig játszanak szerepet a fogalmi megértés erősítésében. A tanulók által megoldott problémák gyakran az egyetlen megoldáshoz vezető egyetlen út helyzetet illusztrálják, a többféle eredmény és a többféle megoldási út lehetősége nem nagyon jut szerephez (Mestre 1994).

A fizikai problémák megoldása, de a feladatmegoldás sem azonosulhat a lélektelen és már semmilyen hasznot nem hajtó gyakoroltatással, az algoritmusok még alaposabb bevésésével. Ahhoz, hogy ezt a hibát elkerülhessük, nyilván alaposabban meg kell ismerkednünk azzal, mit is jelent valójában a problémamegoldás, milyen pszichológiai háttere van, s mit jelent a feladatmegoldás. A fejezet további részeiben ez lesz a témánk.

Amint látható, a problémákat és a feladatokat nem élesen különböztetjük meg egymástól. A szakirodalomban nem is szokás ez a megkülönböztetés, vagy ha igen, akkor általában beszélnek problémákról, s ezen belül rutin problémák megoldásáról (pl. Hobden 1998). Mi most mégis használjuk ezt az elmosódó határokkal történő különbségtevést, de csak azért, mert szeretnénk, ha olvasóink jól megértenék, hogy a csak egy létező algoritmussal, illetve az algoritmus kreatív megkeresésével megoldható feladatok különböző jellegű kognitív teljesítményeket igényelnek, s így egészen más funkciót töltenek be a tanulás folyamatában.

7.3. A fizikai problémamegoldásról

7.3.1. A problémák és a problémamegoldás természetéről

A korábban általunk felvázolt ismeretek (ld. a konstruktivizmusról szóló fejezetet) alapján a problémamegoldással kapcsolatban ki kell mondanunk egy alapvetőnek látszó következtetést. *A konstruktivista pedagógiában nem beszélünk általános problémamegoldó képességről*. Beszélhetünk viszont egy tudásrendszerről, amely a problémamegoldással kapcsolatos, ez egy része a *metakognitív tudásrendszerünknek*. Amikor tehát problémákat oldunk meg a gyerekekkel, akkor kettős feladatot látunk el: (1) fejlesztjük a probléma konkrét témájához vagy témáihoz tartozó *tudásterületeket*, illetve (2) fejlesztjük a tanulók *metakognitív tudásrendszerén* belül azt a részterületet, amely a *problémamegoldással* általában kapcsolatos. Ez utóbbi is rendkívül fontos, hiszen fokozatosan megkonstruálódhat tanulóinkban egy olyan masszív tudás, amelynek segítségével könnyebben „hozzáférnek" a fizikai problémákhoz, könnyebben megoldják azokat.

A problémamegoldással kapcsolatos egyik legfontosabb tudásunk, hogy a „valódi problémák" zöme nem oldható meg egyszerű algoritmussal. A tanulók az iskolában gyakran azonosítják a problémamegoldást a feladatmegoldással, tehát az algoritmus egyszerű felidézésével és használatával. Gyakran úgy fognak hozzá feladatok megoldásához, hogy nem kell mást tenniük, mint az alkalmas algoritmust (értsd képletet) megkeresni, s elvégezni a mechanikus műveleteket. Sok tanulóba tehát a feladatmegoldás királyi útja „égetődik be", s ha nem talál egy feladathoz azonnal algoritmust, akkor elkeseredik, leállítja a problémamegoldást, leértékeli saját magát, vagy a problémát megoldhatatlannak, „rossznak" minősíti. Ennek az attitűdnek a jelentkezése a matematika tanulása során még nagyobb veszély, de jelentős a fizikában is. Tanulóinkat türelemmel arra kell nevelnünk, hogy tartsák természetesnek azt a helyzetet, amikor nincs azonnal megoldási algoritmus, s azt meg kell találni, vagy még inkább: elő kell állítani.

A problémamegoldást, ahogyan lényegében minden kognitív funkciónkat előzetes elképzeléseink, elméleteink határozzák meg. Egy fizikai probléma megoldásával kapcsolatos vizsgálat mutatott rá erre az összefüggésre nagyon élesen. Anett Karmiloff-Smith és Bärbel Inhelder négy és nyolc éves gyerekek csoportját kérték arra, hogy találják meg teljesen homogénnek látszó, állandó vastagságú rudak súlypontját (tömegközéppontját). A rudak azonban valójában nem voltak homogének, rejtetten könnyebb és nehezebb részekből álltak, így súlypontjuk nem középen volt megtalálható. A kisebb gyerekek sokkal hatékonyabban oldották meg a feladatot, mert próba-szerencse módszerrel közeledtek hozzá, s gyakorlatias eljárással keresték meg a súlypontot. A nagyobb gyerekek már elméletet használtak, s mindenáron a rudak közepéhez közel keresték (Karmiloff-Smith és Intelder 1976). A már birtokolt elméletek jelentős mértékben befolyásolják a problémamegoldást. Ez néha akadály is lehet.

Mégis, mik a jellemzői egy fizikai problémának? Probléma lehet egy fizikai ismereteket igénylő döntés meghozása, egy cselekvés megindítása. Probléma lehet *egy*

jelenség magyarázata, ha az nem azonnal előhívható a memóriából. Probléma valamilyen *kísérletnek, megfigyelésnek a megtervezése*, ha még nem végeztük el soha, s nem is azonnal tudjuk, hogy mit is kell csinálni. Probléma lehet valamilyen *tárgynak* (kísérleti, technikai, demonstrációs eszköznek, játéknak, stb.) *az előállítása*, ha csak az igénnyel rendelkezünk egy ilyennek a létrehozására, s nincs is pontos leírásunk (sem ténylegesen, sem a fejünkben) az elkészítendő tárgyról. Probléma lehet valamilyen feltételek esetén *előrejelzéseket* tenni a bekövetkező jelenségekkel kapcsolatban, ha ilyen előzetes, előhívható tudással még nem rendelkezünk. Probléma lehet eldönteni, hogy milyen *álláspontot* alakítsunk ki egy-egy fizikatudományi megfontolásokat is igénylő kérdésben, mondjuk az atomerőművek további működtetésével kapcsolatban, ha korábban még nem alakítottunk ki valamilyen szilárd meggyőződést.

Amint látható, a problémamegoldás az emberi kognitív működés általunk már korábban is sokszor emlegetett három nagy szférájában, az *előrejelzésben*, a *cselekvésirányításban* és a jelenségek *magyarázatában* egyaránt jelentkezhet.

7.3.2. A problémamegoldás folyamatáról

A problémákat jellemezhetjük azzal is, hogy olyan szituációkban jelentkeznek, amelyekben nincs azonnali algoritmusunk a cselekvésre, a magyarázatra, az előrejelzésre. Az algoritmust tehát meg kell alkotnunk magunkban. Itt „lép be" a konstruktivista gondolat, hiszen éppen arról van szó, hogy a problémamegoldás során valamit meg kell alkotnunk, *meg kell konstruálnunk*.

Úgy képzelhetjük el a folyamatot, hogy a problémák esetén van valamilyen *kezdeti állapot*, valamilyen kiindulópont, s innen szeretnénk eljutni valamilyen kívánt *végállapotba*. A folyamat a fejünkben játszódik le. Mintegy hidat verünk e két pont között, s *ennek a hídnak a megkonstruálása valójában a problémamegoldás lényege*. E hídverés nem a meglévő tudásrendszer valamilyen nagyon következetes, abszolút deduktív, nagyon célszerű alkalmazásával zajlik az esetek döntő többségében. Nem az történik, hogy nagyon pontosan látjuk előre, milyen elemekből kell összerakni a hidat, s úgy tűnik, nem csak annyi a feladatunk, hogy minél precízebben illesszük össze az elemeket, ez nem több, mint egy ismert algoritmus alkalmazása, s valójában az általunk alkotott kategorizációban a feladatok közé tartozik. Ennél a valódi problémamegoldás folyamata sokkal bonyolultabb.

Először is, nagyon gyakran az elején nem is tudjuk, hogy az adott probléma, pontosabban az előbb említett kiindulási- és végpont milyen tudásrendszerben helyezendő el. Nem tudom azonnal, hogy egy adott igényeket kielégítő eszköz mechanikai vagy elektromos jellegű lesz-e, s ezért nem is tudhatom azonnal, hogy a mechanikai vagy az elektromos tudásrendszeremet kell-e alkalmazni. Egy összetettebb részecskefizikai probléma megoldása során, az elején még nem tudhatom, hogy kielégítő eredményt kaphatok-e a newtoni mechanika, tágabban a klasszikus fizikai ismeretrendszer alkalmazásával, vagy szükségem lesz a relativitáselméletre, illetve a kvantummechanikára. Egy jelenséggel kapcsolatban, kezdetben nem lehetek száz százalékig, azonnal biztos abban, hogy annak magyarázatát milyen tudásrendszerem alkalmazásával adhatom meg. Tehát már a probléma „elhelyezése" is gondot okozhat, s döntésekre van szükségem. Közben mozgósítom releváns tudásrendszereimet,

kipróbálok lehetőségeket, „megérzéseim” lesznek (ezeket egyáltalán nem kell szégyellni, a nagyon mély, nehezen verbalizálható tudásrepertoárunkat mozgósítjuk ilyenkor). Gondolkodom a problémán, s *fokozatosan beágyazom a problémát valamelyik tudásterületembe*, megkonstruálom számára azt a környezetet, amelyben majd a problémamegoldás zajlani fog.

A problémamegoldási folyamat konstruálás jellege azt jelenti, hogy fokozatosan felépítem azt a hidat, amelyről az előbb szóltunk. A híd építése az adott, és megfelelő módon leszűkített tudásterület kidolgozásával, benne új tudások megkonstruálásával zajlik. Eközben tehát *új tudást* is konstruálhatok, olyat, amely az adott tudásterületen lényegében deduktív folyamatokkal megkonstruálható. Persze lehet, hogy rossz irányban indulok el. Rájöttem valamire, szereztem új tudást, azonban kiderül, vagy valószínűsíthető, hogy ez nem visz közelebb a probléma megoldásához. Mindannyian ismerjük a problémamegoldások közbeni zsákutcákat, ezektől sokat tudunk szenvedni. Az útválasztás tehát gyakran *intuíció* kérdése. Ha több alternatíva közül választhatok, hogy merre induljak el, akkor a döntés szinte soha nem logikai, hanem sokszor korábbi tapasztalatokon alapul („ez be szokott jönni”), sokszor intuitív („az az érzésem, hogy érdemes lesz ebbe az irányba elindulni”), a problémamegoldásra vonatkozó metakognitív tudásomon alapul („általában segít, ha rajzot készítünk”). Arról van tehát szó, hogy intenzív „alkalmazásba veszem” azt a tudásterületet, amelyen a probléma megfogalmazódott, s keresem azokat az ismereteket, résztudásokat, amelyek segíthetnek a probléma megoldásában.

Gyakori, hogy a problémamegoldás közben *hirtelen megsejtem a jó utat*, hirtelen „bekattan” a megoldás. Ekkor valószínűleg az történik, hogy a tudásterület intenzív munkáltatása során kellően erősekké válnak azok a kapcsolatok, amelyek szükségesek a híd felépítéséhez, s ez hirtelen tudatosodik is bennem. Lehetséges, hogy ez azonos az alaklélektanosok *belátásos problémamegoldásával* (egyetemi, főiskolai pszichológia tanulmányokra kell hivatkoznunk, de utána lehet nézni Pléh Csaba (1992) Pszichológiatörténetében is). Megvilágosodik előttünk a híd, s lehet, hogy egy-két kapcsolat még gyenge, de itt már tudjuk, hogy milyen fő összefüggések mentén kell „tisztítanunk a hidat”.

Hogy mennyire jó lehet a kapcsolat az alaklélektan belátásos problémamegoldás elképzelésével, azt jól mutatja e pszichológiai irányzat további, problémamegoldással kapcsolatos elképzelése, mely szerint e folyamatokban az emberi elme *átstrukturálja* azokat a viszonyrendszereket, amelyek a problémát jellemzik. A konstruktivizmus szinte szó szerint ugyanezt mondja: *átstrukturáljuk a tudásrendszer elemei közötti kapcsolatokat*, relatíve megerősítünk bizonyos kapcsolatokat azért, hogy az a bizonyos híd felépülhessen.

Már a korai kognitívizmus is kereste a problémamegoldás „problémájára” a megoldást. *Newell* és *Simon* (1972) a mai napig is alapvető gondolatok megfogalmazói azzal kapcsolatban, hogy a problémamegoldás hogyan építi fel az utat *mentális operátorok* segítségével a kiindulópont és a végpont között, vagy másképpen, hogyan jönnek létre azok a *tudásállapotok*, amelyek elvezetnek a kiindulópontból a végpontba, miközben egyik tudásállapotból a másikat elemi mentális operátorokkal állíthatjuk elő. E tudásállapotok alkotják *Newell*-ék szerint a *problémateret*, s e „tér”, illetve elemei „transzformációit” jelentik valójában a mentális operátorok működései. Az egész

elmélet igényli, hogy feltételezzünk egy értékelő rendszert, amely a mentális operátorokkal előállított állapotoknak a végcéltól való távolságát értékeli, s ezzel lehetővé teszi a döntést arról, hogy egy művelet elvégzendő-e ténylegesen, tényleg ilyen irányban érdemes-e a megoldást keresni.

Ez egy különösen matematikában, fizikában jártas emberek számára könnyen megkonstruálható kép a problémamegoldás menetéről (a problématér állapotai, ezek transzformációi, az út a kiindulópontból a végpontba). Közel áll ahhoz, amit a konstruktivizmus mondhat erről a folyamatról. A konstruktivizmus persze nem beszél operátorokról, láttuk, hogy *általános pszichikus operátorok (képességek) létét a konstruktivizmus nem fogadja el*.

A problémamegoldás ezen elméletével azonban még más problémák is felvetődtek. Az életben akár csak kis szerepet játszó problémák esetén is *a problématér rendkívül nagy*, annak szisztematikus végigvizsgálása lehetetlen vállalkozás. Becslések szerint már egy sakkjátszma egy pontján is 10^{20} nagyságrendű az elemzendő állapotok száma. Az emberi, életszerű problémák tere ennél még sokszorta nagyobb. Ez azt jelenti, hogy óriási szerepük lehet azoknak a folyamatoknak, amelyekre már az előbb is utaltunk, vagyis bizonyos megoldásmódok erős preferálásának, mások erős visszaszorításának anélkül, hogy erre megfogalmazott, nyelvileg kifejezett indokaink lennének. Ez az intuíció, s a világra vonatkozó, valószínűleg globálisan értékelő, mély tudásunk működik általa. Egyfajta heurisztikát alkalmazunk. Valószínűleg ide tartoznak azok a döntéseink, amelyekben elhatározzuk, hogy egy fizikai problémát mely tudásterületen oldunk meg.

A probléma megoldása felé irányuló lépések kiválasztása szintén egy problematikus eleme az elméletnek. Sok olyan problémát ismerünk, amelyek esetén a probléma megoldása felé tett lépések sokasága nem megfelelő, nem része a végső problémamegoldásnak, viszont *a megoldást inkább a „távolodással" kell kezdeni*. Ilyen közbülső pontok adódnak pl. a Rubik-kocka kiforgatásakor is, különösen a végcél közelében.

A konstruktivizmus is a kezdő és a végállapot közötti kapcsolat megteremtéseként képzeli el a problémamegoldást, de ezen újabb elképzelés szerint a „problématérben" (értsd: a probléma szempontjából releváns tudásterületen) konstrukciót képzel el, belső kognitív működést, amelyben a tudásrendszer belső kapcsolatai úgy módosulnak, hogy felismerhetővé váljék a kezdő és a végpont közötti kapcsolat, vagy ahogy korábban mondtuk: létrejöjjön a híd. A tudásrendszer kidolgozása, elaborálása ez, merev szabályokkal nem tudjuk leírni. Ezért a Pólya György által leírt heurisztikának jelentős szerepe van (Pólya 1977).

7.3.3. A szakértők és a kezdők problémamegoldási stratégiái közötti különbségek

A szakértők és a kezdők kognitív folyamatok szempontjából való összehasonlítása már szerepelt korábban. Most kiegészíthetjük ezt a leírást a problémamegoldásban mutatkozó specifikumokkal. Azért fontos számunkra, mert a problémamegoldásra való nevelés esetében is célul tűzhetjük ki a szakértői szint felé való elmozdulást.

A szakértők tudása szervezettebb, összetettebb struktúrával rendelkezik, mint a kezdőké. Ez azt jelenti a problémamegoldás szempontjából, hogy a szakértők gyorsabban és könnyebben képesek hozzárendelni a problémához a megfelelő tudásterületet, s azon belül a felhasználandó fizikai elveket, törvényeket (Chi, és mts. 1981, Hardiman és mts. 1989, Larkin és mts. 1980).

A szakértők problémamegoldó stratégiáiban a mélyebb elvek, az ezekre épülő analógiák (pl. mindkét feladatot Newton II. törvénye segítségével lehet megoldani) lényegesen fontosabb szerepet kapnak, mint a kezdők esetében. A kezdők a problémák felszíni jellegzetességeit ragadják meg elsősorban, s az analógiákat is ezekre építik (pl.: mindkét feladatban kiskocsi, fonál és csiga szerepel) (Chi és mts. 1981, Hardiman és mts. 1989, Hinsley és mts. 1977, Schoenfeld és Herrmann 1982).

Továbbá, a gyakorlott fizikai problémamegoldók, miután azonosították azt a tudásterületet, amelyen a probléma – szerintük – megoldható, számba veszik az alkalmazásra kerülő fogalmakat, azok kapcsolatait, s ha kvantitatív problémáról van szó, ezután látnak csak hozzá a megfelelő mennyiségek kiszámolásához. A kezdők ezzel szemben azonnal a képletek manipulálásához fognak, s némi „bűvészkedéssel" esetleg képesek „kihozni" a kívánt eredményt, amelynek sokszor még a kívánt voltát sem tudatosították (Chi és mts. 1981, Larkin 1981, 1983, Mestre 1991). A szakértő szinten lévő problémamegoldók tehát a probléma kvalitatív aspektusait helyezik előtérbe a megoldás során, s a kvantitatív megoldás már következmény, gyakran csak bizonyos jól begyakorolt algoritmusok használata. A kezdők nem sokat törődnek a kvalitatív elemzéssel.

A kognitív pszichológiai vizsgálatoknak ez az eredménye nem túl kedvező fényben tünteti fel azt a pedagógusi magatartást, amely elsősorban a képletek, a matematikai eszközök megfelelő alkalmazásában látja a fizikai problémák, feladatok megoldásának zálogát. Vannak fizikatanárok, akik különösen az egyetemi, főiskolai fizika felvételikre történő trenírozás során rendkívül egyoldalúan csak a feladatok helyes megoldási algoritmusának, a matematikai formalizmusnak az elsajátítására helyezik a hangsúlyt. Pedig látjuk, hogy a szakértői szintű gondolkodásban ennek már másodrangúnak, s a kvalitatív fizikai elemzések eredményei által meghatározottnak kellene lenni.

7.3.4. Egy példa a problémamegoldás folyamatának illusztrálására

Tegyük fel, hogy egy tanuló szeretné megmagyarázni, miért nehéz (nagyon nehéz) felnyitni egy mélyhűtő láda tetejét, ha közvetlenül előtte már egyszer kinyitottuk, illetve lezártuk. Tegyük fel, hogy a tanuló még soha nem hallotta a magyarázatot, vagy ha hallotta, akkor már elfelejtette. Azt is tegyük fel, hogy a tanuló rendelkezik azokkal az előismeretekkel, amelyek ahhoz szükségesek, hogy a tudományos álláspontnak megfelelően oldja meg a problémát, s most azt is feltételezzük, hogy valóban úgy fogja megoldani. (Lehetne persze ez másképpen is, pl. kitalálhatná azt, hogy a mélyhűtőből kijött a hideg levegő, helyébe meleg ment, a hideg levegő a bezárás után a láda fölé kerül, s lenyomja a tetőt, mert nehezebb, mint a meleg levegő. A magyarázat nem is olyan rossz, csak a mértékekkel van egy kis baj.)

Tanulónk tehát először is elhelyezi a problémát egy „problématérben” (használjuk itt *Newell*-ék nagyszerű fogalomalkotását), s a végállapotot is „elképzeli”. A kiindulási állapot az, hogy adott egy jelenség, amire nincs magyarázat egyelőre, a végállapot az lesz, hogy már szinte a lelki szemei előtt látja a tanuló, hogy mi minden történik a leírt folyamatban, s közben ott lesz a magyarázat is a jelenségre. Lehetséges, hogy nem ezek a kiindulópont és a végpont, hanem sokkal szorosabban kapcsolódnak a jelenséghez, a folyamathoz. Egy másik képben a kiindulópont a láda tetejének felemelése, ez a cselekvési mozzanat, a végpont az, hogy nem lehet újra felemelni a tetőt, s a probléma, hogy mi történhetett közben, ami ilyen eredményre vezetett. Mintegy rekonstruálni kellene a történéseket úgy, hogy abban benne legyen a magyarázat is.

Megvan tehát a kiindulópont és a végpont, de ezeket még nem helyeztük el valamelyik tudásterületen. Egyáltalán nem nyilvánvaló, hogy a tanuló fizikai megoldást kezd el keresni. Ha persze a fizikaórán szerepel a probléma, akkor szinte rákényszerül erre, de nem iskolai körülmények között akár technikai problémaként is kezelhetné a jelenséget. Ki is találhatná azt a megoldást, hogy ezeket az eszközöket úgy készítik, hogy ha egyszer kinyitottuk, majd bezártuk, akkor csak egy bizonyos idő eltelte után lehet újra kinyitni őket (ne nyitogassa senki állandóan a hűtőt!). Fontos „melléktermék” példánknak, hogy érdemes a tanulókkal elméleteket „kitaláltatni” (megkonstruáltatni) a jelenségekkel kapcsolatban, s pozitívan kell értékelni minden hihető, magyarázható megoldást.

Tegyük fel, hogy tanulónk úgy dönt, a hővel, a levegő hőmérsékletével kapcsolatos tudásterületbe ágyazza be a problémát, pontosabban ott keresi a megoldást. Miért döntött így? Lehet intuíció, lehet erős az a hatás, ami az embert éri egy hűtőláda kinyitásakor a hideg levegőtől, emlékezhet hasonló jelenségekre, mondjuk a gőz fedőemelgetésére, amelyek erre indítják, s még valószínűleg sok más oka lehet. És persze az is lehet, hogy nem e tudásterület mellett dönt, hanem pl. mechanikai megoldást keres, vagy azt gondolja, hogy elromlott a hűtő.

A tanuló elkészíti magában ennek a jelenségnek egy valamilyen részletezettséggel rendelkező „térképét”. Vagyis szinte újra lejátssza magában, hogy mi történik. Mivel most már bekapcsolta a hőre, a levegő hőmérsékletére vonatkozó tudásterületet is, a jelenség szemléletmódja gazdagodott, „mást is lát” most már, mint amikor csak egyszerűen tapasztalta a jelenséget. Elképzeli, mi minden történhetett azon kívül, hogy ő megfogta a fedelet, felemelte, majd visszaengedte, s aztán újra megpróbálta felemelni. Valószínűleg kiegészíti az eddigi leírást, s szerepet szán annak is, hogy a hideg levegő kiáramlott a hűtőből a kinyitáskor. Ez ugyan így még nem elég pontos, itt inkább egy áramlással történő hőmérséklet kiegyenlítődés veszi kezdetét, de a tanuló valószínűleg nem gondolja ilyen bonyolultnak a jelenséget. Talán az is eszébe jut, hiszen elég logikusan (deduktíve) következik az eddigiekből, hogy a hideg levegő helyére meleg levegő áramlott kívülről.

Mivel a termodinamikai ismeretrendszer működik, ezért van valamekkora valószínűsége annak, hogy az ebből a tudásrendszerből kikövetkeztethető eredmény is megkonstruálódjék a tanuló agyában: a hűtőbe került levegő az ottani viszonyok miatt, a tető lecsukása után gyorsan lehűl, a térfogata ugyanannyi marad, mint azelőtt volt, tehát jelentősen csökkenhet a nyomása. A külső légnyomás viszont lényegében a normális légnyomás, tehát a nyomáskülönbség miatt egy jelentős erő hat a fedőre.

Igazság szerint valószínűleg csak nagyon kevesekben konstruálódik meg ez a „híd” az itt leírt formában, a következtetések nem verbálisak, nem fejeződnek ki a fizika pontos fogalmaival, sokkal inkább „érzések”. Valószínűleg nem jut pl. eszébe a tanulónak gondolkodás közben maga a nyomáskülönbség szó, de „érzi” ezt a nyomáskülönbséget, s valójában az ennek megfelelő fogalom agyi megfelelője aktív is lehet. Szinte lejátssza magában a folyamatot, a hideg levegő kiáramlását, a meleg levegő beáramlását, a benti levegő „összehúzódását”, nyomáscsökkenését, a külső légnyomás hatását.

Hogy ez tényleg nem feltétlenül, sőt az esetek többségében nem nyelvi szinten megy végbe, arra kiváló bizonyítékot jelentenek azok a tanulók, akik a tanári kérdésekre nem tudják elmondani a választ, de azt állítják, hogy tudják. Szinte nyögnek, hogy mondhassák, de ez nem sikerül. Ezek a tanulók a kérdésben szereplő folyamatot, jelenséget „látják”, „érzik” magukban, pontosan működnek azok a kognitív struktúrák, amelyek előállítják az eredményeket, de ez nem a szavak, a nyelv szintjén történik. Az is egy tudás, és fejlesztendő, hogy ezeket az „érzéseket” a tanuló ki tudja fejezni, meg tudja fogalmazni.

7.4. A problémamegoldás a tanítási folyamatban, gyakorlati megfontolások

7.4.1. A problémamegoldás helye a tanítási folyamatban

A problémamegoldás tanulási folyamatbeli jelentőségére nagyon jól mutat rá a következő megfontolás. A konstruktivista pedagógiában nem követhetjük azt a hagyományos, a behaviorista elképzeléseken alapuló eljárást, amelyben előbb kis „ismeretdarabokat” tanítunk meg, elemi műveleteket sajátíttatunk el, s ezekből fokozatosan építjük fel a komplexebb, összetettebb tudást. A behaviorizmus *elementarista* szemlélete (tehát, hogy a komplex cselekvések létrehozhatók jól leírható, az inger–válasz–megerősítés logikán alapuló építőkövekből) nem alkalmazható egy konstruktivista gondolkodásmódot követő oktatásban, mert ebben a szemléletben a problémák *kontextusának*, a konkrét *tartalomnak* meghatározó jelentősége van, a részkérdések, az elemibb tanulnivalók mindig komplexebb struktúrák részeiként merülnek fel.

Egyszerűbben szólva – hiszen ez egy elég elvont tétel volt – a diák eredményesebben képes tanulni a konstruktivizmus szerint, ha a tanulás tartalmát átfogóbb, életszerű problémákba, nagyobb feladatokba ágyazzuk be. Ezért van nagy jelentősége a probléma-centrikusságnak, annak, hogy minél több átfogó problémán keresztül tanítsuk a fizikát. „Kit érdekel”, hogy mi a közegellenállási erő képlete? De máris érdekesebb és tanulhatóbb a téma, ha azt kérdezzük, vajon hogyan lehetséges, hogy az ejtőernyősök nem törik össze magukat (és persze vigyázat, még ez a kérdés sem biztos, hogy mindenkit érdekel).

7.4.2. A problémamegoldás tanításának elvi alapjai

A megelőző pontokban leírt elemzés valójában már kirajzolta azokat a *gyakorlati jellegű megfontolásokat*, amelyek a problémamegoldás tanulási folyamaton belüli szerepével kapcsolatosan eligazíthatnak bennünket. Az alábbiakban néhány pontban összefoglaljuk azokat a tanácsokat, amelyek a problémamegoldás tanítás során való alkalmazásában iránymutatók lehetnek a pedagógusok számára.

- A legfontosabb követelmény a problémamegoldás tanítása során a megfelelően strukturált, hierarchizált, megfelelő tömegű *tudás* kialakítása. Akkor tanítjuk a gyerekeket a leginkább a megfelelő problémamegoldásra, ha a legjobban segítjük őket a problémamegoldáshoz szükséges tudás megszerzésében.
- Tanításunk legyen *probléma-centrikus*, vagyis igyekezzünk a tanulók számára érdekes, áttekinthető, gyakorlatias problémákat felvetni.
- Elsősorban *nagy, átfogó, komplex problémákat vessünk fel*, s inkább ezek analízise során bontakozzék ki a tanulnivaló, az elsajátítandó részletek ennek keretében merüljenek fel. A projekt típusú munkaszervezés alapvetően fontos (ld. a módszerekkel foglalkozó fejezetet).
- A problémáknak *változatos kontextusokban* kell felmerülniük, hogy minden tanuló differenciáltan megtalálhassa a „kínálatban" azt, ami számára az optimális fejlesztést biztosítja.
- A problémamegoldás közös formáiban, vagy a tanári bemutatókban hangsúlyozzuk a *kvalitatív elemzést, a fogalmi analízist*, s ne helyezzük túlzottan reflektorfénybe a matematikai, algoritmikus elemeket. Sőt, fordítsunk külön figyelmet az olyan problémák felvetésére, amelyek *csak* kvalitatív analízist igényelnek.
- Gyakran használjunk *nyílt végű,* illetve *többféle módon is megoldható* problémákat.
- Válasszuk gyakran a problémamegoldás *csoportos* formáját! A megbeszélések keretében a gyerekek megosztják egymás között a gondolataikat, nem pusztán összeadódik a munkájuk, hanem valami *többlet* is keletkezik. Nem véletlen, hogy a kollektív problémamegoldásnak számos módszere alakult ki (problémamegoldó csoportok), s ezeket a technikákat tréningeken tanítják.

7.4.3. A heurisztikus gondolkodásra nevelés gyakorlati kérdései

Hogyan nevelhetünk a fizika tanítása során *heurisztikus gondolkodásra*? Mint láttuk, ennek jelentős szerepe van. A leginkább szükséges, s a mai tanításunkban jobbára elmaradó eljárás az, ha „egyszerűen" heurisztikus gondolkodásra ösztönözzük a tanulóinkat. A fizika tanulása során rendkívüli a jelentősége annak, hogy a tanulók egyéni, páros vagy csoportmunkában *elméleteket, magyarázó rendszereket kreáljanak önállóan*. Ezek az elméletek természetesen az esetek döntő többségében nem abszolút új, előzménnyel nem rendelkező alkotások, hanem a gyerekek előzetes tudásába ágyazott magyarázó keretek, de a jelentőségüket éppen ez adja. Egy ilyen elmélet megalkotásakor a tanulók éppen azt teszik, ami a problémamegoldás legfőbb mozzanata: egy adott tudásterületet „mozgatnak meg", ott új tudást konstruálnak.

A heurisztikus gondolkodásnak léteznek bizonyos technikái is, ezek is taníthatók (a metakognitív tudás részét alkothatják). *Pólya György* eredetileg 1945-ben írt, a szakirodalomban számtalanszor idézett művében, a „Gondolkodás iskolájá”-ban – igaz, a matematika tanulásával kapcsolatban, de mondanivalója minden problémamegoldás során használható – felvázolja ennek a heurisztikus gondolkodásnak a szerkezetét is, illetve a konkrét problémamegoldásra pedig számtalan javaslatot ad (Pólya 1977). Pólya gondolkodásmódjában *a folyamatok tudatossága* nagyon fontos szerepet játszott, s talán kicsit furcsa lehet, hogy éppen akkor említjük, amikor egy nem minden elemében tudatos és tudatosítható folyamatról szólunk. Mégis, Pólya kiemelt helyen foglalkozik a probléma jó megértésével (mi a tudásterületen való elhelyezésként említettük), a tervkészítéssel, az egyes részletek kritikus ellenőrzésével, a megoldás értékelésével. A feladat jó megértése, elemzése, mint láttuk a szakértők gondolkodását jellemző sajátosság. Tanítványaink közül sokan lehetnek, akik a feladat gyors elolvasása után azonnal nekilátnak a számításoknak, mert emlékeznek egy-két képletre, amikbe be lehet helyettesíteni. Ez a kezdő típusú gondolkodás sajátossága, türelemmel, okos érveléssel próbáljuk rászoktatni tanítványainkat arra, hogy a problémát először *elemezzék*, próbálják meg *megérteni* minél alaposabban, hogy miről is van szó.

Tervet készíteni a problémamegoldás egészére persze – ha igazi problémáról van szó – valójában nem lehet, azonban a tervszerűség mégis megjelenhet. Elsősorban abban, hogy majdnem rutinszerűen illesztünk be a problémamegoldás folyamatába bizonyos műveleteket (s most az itt következő felsorolás egyben a heurisztikus problémamegoldás fontosabb műveleteinek általunk összeállított listája is):

- a beágyazó tudásterület ismereteinek felidézése, ha kell, akkor szakirodalomban utánanézés, a tudásterület „munkába vétele”, szükséges kiegészítése;
- mintegy a probléma „lefordítása” a háttértudás „nyelvére” (milyen elméleti kérdéshez, kérdésekhez kapcsolódik a probléma?);
- fogalmak alkotása, régiek átalakítása, gyakran egy jó jelölés, egy jó megnevezés is sokat segít;
- hasonló jellegű problémák keresése más tudásterületen, az ottani megoldások felhasználása, matematikai „áttérképezés”, „kereszttérképezés” (a probléma matematikai problémaként történő megfogalmazása, a fizikai nehézségektől való elvonatkoztatás, megoldás, s annak visszavitele a fizikai problémára, majd az egész folyamat és a következmények elemzése);
- korábban már megoldott, hasonló háttértudást igénylő problémák, megoldások felidézése;
- magának a problémának a „variálása”, vagyis más szituációkba helyezése, az adatok megváltoztatása, a probléma szélsőséges megfogalmazása, extrém adatok elképzelése;
- lehetséges elméletek (magyarázatok) „gyártása”, kipróbálása, alátámasztása vagy cáfolata, vagyis akár fizikatudományi szempontból azonnal tudhatóan nem korrekt elgondolásoknak is a kialakítása, hogy ezzel segítsük a korrekt magyarázatok felmerülését;
- csoportos, vagy páros szituációban ötletroham rendezése elméletek, magyarázat gyártására;

- gyakorlati szituációk elképzelése, amelyekben a probléma jelentkezik (felhasználjuk a gyakorlati szituációk gazdag kontextusait, így nagyobb kapcsolódó tudásterületek mozgósíthatók);
- konkrét esetek „kipróbálása”, vagyis a problémában érintettnél konkrétabb szituációk, feltételek, adatok elgondolása, s ezek esetén a probléma megoldása;
- kísérletek, megfigyelések végzése (fizikában alapvető jelentősége van, a közoktatásban előkerülő problémák egy nagy része esetén végezhető kísérlet, megfigyelés);
- rajz, grafikon, folyamatábra, fogalomtérkép (a fogalmak egymáshoz való viszonyát szemléltető ábra) készítése;
- számítógépes szimuláció kialakítása, futtatása, a tapasztalatok értelmezése;
- korábban is említettük már, de külön is kiemeljük a kollektív problémamegoldások stratégiáit, szerepelt már az ötletroham, mint módszer, tegyük hozzá a strukturált, szimulációs viták, vagy valódi viták módszerét, az esetmegbeszéléseket (ld. részletesebben a módszerekről szóló fejezetben).

(Ezek a heurisztikus lépésekre vonatkozó megfontolások részben támaszkodnak Pólya művére (1977)).

7.4.4. A probléma megoldásának bemutatása

A probléma megoldásának megtalálása általában nem jelenti a munka befejezését. *A megoldást be kell mutatni*, mások számára is érthetővé kell tenni. Pedagógusok gyakran esnek abba a hibába, hogy ezt a lépést azonosítják a problémamegoldással, s elsősorban azt tanítják, hogyan kell leírni az adatokat, milyen módon kell kezelni írásban a képleteket, hogyan kell közölni az eredményt. Bár e lépések egyikének, másikának is lehet köze a problémamegoldás érdemi részéhez (pl. az adatok áttekinthető, egységes ábrázolása segítheti a megoldást is), nagy részük azonban már az eredmények közlésével, s nem azok elérésével kapcsolatos.

Fontos részfeladat *a megoldás elemzése*. Hány megoldás (végeredmény) lehet? Biztos, hogy a feladatban megfogalmazott eredeti feltételek csak egyféle megoldáshoz vezethetnek? Fontos, megkerülhetetlen része a megoldás elemzésének az eredmények realitásának vizsgálata. Tanítsuk meg a gyerekeket arra, hogy fel kell figyelni arra, ha egy feladat megoldásának eredményeként 10 farados kondenzátor kapacitásértéket, 1000 km/óra vonatsebességet kapunk, stb. Egyes tanulók esetén a megoldásokkal kapcsolatos egyéb elemzési feladatok is fontosak lehetnek (nem mindenkinek, itt fontos a differenciálás). Vannak-e különböző útjai a megoldásnak? Ezek létére először hívjuk fel a gyerekek figyelmét, s kerestessük meg velük az egymástól eltérő megoldási meneteket, később azonban követeljük meg, hogy erre eleve gondoljanak. Szintén egyes tanulóktól várható el fokozatosan, ha következetesen tanítottuk erre őket, hogy próbáljanak meg általánosítani, vagyis keresni olyan átfogóbb fizikai elveket, elméleteket, amelyeknek egy adott problémában, feladatban csak speciális vonatkozásai jelentek meg.

A megoldás mások számára érthetővé tétele fontos része a feladat, vagy probléma megoldásának (e megjegyzéseink többsége a feladatmegoldásokra is vonatkozik).

Tanítsuk meg a gyerekeket arra, hogy igyekezzenek egy olvasó, egy másik ember szemével látni azt, amit leírnak. Megint nem az a fontos, hogy a feladatok, problémák megoldásainak közlésére kialakult valamelyik algoritmizált formát a gyerekek betanulják, hanem az, hogy a leírás valóban logikus, az olvasó számára érthető legyen. Ha ennek a célnak rendeljük alá a tanítást, akkor lehet jól kialakított, elterjedt szabályokat megtanítani a gyerekeknek, nem abszolutizálva természetesen azokat (pl. az adatok közlésének módja, a mértékegységek használata, az egyes elemek elhelyezése, a részeredmények és a végleges eredmények kezelése, a szöveges válasz adásának szükségessége, stb.).

Tanítsuk meg a gyerekeket arra, hogy amikor úgy gondolják, megtalálták a megoldást, még egyszer olvassák el a problémát, a feladatot, s *ellenőrizzék, hogy ténylegesen tudnak-e válaszolni az összes feltett kérdésre*. Gyakori hiba, hogy egy komplexebb kérdésfeltevés esetén a tanulók csak részleges választ adnak.

7.4.5. Milyen problémákat használjunk? Követelmények és típusok

Milyen *követelményeket* fogalmazhatunk meg a fizika tanítása során alkalmazható, probléma jellegű feladatokkal kapcsolatban? A szakmódszertani szakirodalomban szokás szigorú követelményként szabni a feladat lehető legvilágosabb, lehető legérthetőbb, legegyszerűbb megfogalmazását, az adatok teljes körű megadását és a fölösleges adatok közlésének elkerülését. Mi nem akarunk ilyen követelményeket megfogalmazni. *A valós élet problémái nem ilyenek*, s ha csak ilyenekkel foglalkozunk, akkor nem tudjuk modellezni azokat a szituációkat, amelyekbe tanítványaink majd ténylegesen kerülnek. A valós kontextusokban felmerülő problémák általában kezdetben hiányosak, nem jól strukturáltak, nem kellően explicitek, az adatok köre nem teljes, és számos irreleváns, a végleges megoldásban majd szükségtelennek bizonyuló információ is adott. A teendőnk inkább az lenne, hogy a gyerekeket tanítsuk meg már a feladatok, a problémák megfogalmazására is. Ez persze történhet fokozatosan, nyilván nem jó stratégia már az első tanórán a lehető leggyengébben strukturált problémát a gyerekek elé tárni. De igenis lassan szoktassuk őket hozzá ahhoz, hogy maguk fogalmazzák meg, maguk pontosítsák a problémákat, szűrjék ki az irreleváns információkat, s adjanak meg maguk értelmes adatokat, ha éppen erre van szükség.

Kérdés, vajon adhatunk-e olyan feladatot, problémát, ami eleve *hibás*, pl. értelmetlen, lehetetlen adatok vannak benne. Az ilyen feladatmegfogalmazásokkal már óvatosabban érdemes bánni, de ezeket sem zárhatjuk ki teljesen. Ismét az az érvünk, mint fentebb: az élet produkál ilyen helyzeteket, s nekünk a problémamegoldás során gondolni kell arra is, hogy elképzelhető, esetleg maga a probléma nem jól lett megfogalmazva. Ha komolyan vesszük, hogy a gyerekeknek saját maguknak kellene nagyon sok esetben megfogalmazni már magát a problémát is, akkor azt is természetesnek kell vennünk, hogy *a probléma megfogalmazása is kritikusan (önkritikusan) kezelendő*, ez is a problémamegoldás elemi feltétele.

A feladatoknak lehetőleg a gyerekek számára *átlátható* és *érdekes* kontextusban kell megfogalmazódniuk. Itt azonban el kell kerülni két csapdát. A felnőttek számára konkrét, gyakorlatias kontextusok nem biztos, hogy a gyerekek számára is megfelelők.

A termelés, a vásárlás, és más, hagyományosan megfelelőnek tartott feladat-szituációk lehetnek jók bizonyos gyerekek számára, míg mások számára már nem. S ebben van a másik csapda lehetősége. *Nincsenek általában jó kontextusok*. Ezek variálódnak jelentős mértékben még egy osztályban is. Vannak gyerekek, akiknek akár a „kilúgozott", elméleti jellegű kontextus is megfelelő, mert őket a fizika érdekli, s néha még zavaró is, hogy életszerű „objektumok" vannak egy-egy feladatban. Éppen ezért a feladatok megoldása során érdemes úgy választani, vagy úgy adni saját megfogalmazásokat, hogy a differenciális pedagógia igényeit kielégítsük. Adjunk egyszerre több, fizikai tartalmában valójában azonos, de kontextusában lényegesen különböző feladatot, s választhassanak a gyerekek.

A feladatok, problémák csoportosítása, osztályozása sokféle szempontból történhet. Attól függően, hogy a megoldás egy szűkebb, vagy egy átfogóbb, esetleg több fizikai tudásterület alkalmazását kívánja-e meg, beszélhetünk *egyszerű* és *összetett* feladatokról, problémákról. Új tananyag tanításakor, amikor a tanulnivaló belső struktúrájára, a fogalmak kidolgozására kell koncentrálnunk, inkább az egyszerűbb feladatok használata indokolt. Komplexebb, összetett problémákat az elmélyítés, az alkalmazások kiszélesítése, a gyakorlás esetén használhatunk inkább (ezek azonban nem merev szabályok). Csoportosíthatjuk a fizikai problémákat, feladatokat a felhasználás funkciója szerint is, vagy másképpen a didaktikai feladat szerint. Így megkülönböztethetünk *új tananyag tanulása, tanítása során alkalmazott-, érdeklődés felkeltését célzó-, gyakorló-, ismétlő- és értékelés során használható* feladatokat. Természetesen ugyanaz a feladat többféle szerepet is betölthet, ezért itt valójában nem is a feladatok, hanem inkább azok alkalmazási szituációinak a csoportosításáról van szó. Beszélhetünk *számítást, matematika alkalmazását igénylő* feladatokról és *kvalitatív megfontolásokat igénylő* feladatokról. Mint említettük, jó lenne, ha oktatásunkban a második típus is megfelelő súlyt kapna. S a csoportosítások teljesebbé tétele érdekében ismételjük meg, hogy a feladatok lehetnek *csak egy ismert algoritmus alkalmazását igénylők*, illetve *„valódi" problémák*. A köznyelvben, illetve a pedagógusok által is használtan szoktak *gondolkodtató* feladatokról beszélni, talán a második típusnak feleltethető ez meg a leginkább. Mint láttuk ez a szétválasztás sem teszi lehetővé a feladatok, problémák abszolút, a tanulók személyétől és a szituációtól független osztályozását.

További csoportosítási lehetőség, hogy milyen típusú eredményt várunk a tanulótól. Itt az egyik legáltalánosabb megoldás, ha az alapvető kognitív folyamatok alapján *előrejelzést, magyarázatot, cselekvést* igénylő feladatokról beszélünk. Az iskolában fizikaórákon leggyakrabban alkalmazott feladatok esetén a megoldások immanens tartalma lehet előrejelzés, magyarázat is, de a tanórákon ez nem válik világossá általában. Pedig a valós életben ezek a funkciók a fontosak. Mintha az iskolában a három funkció mellé még egy negyedik is adódna, a feladatmegoldás funkciója. S legyünk őszinték: a fizikaórákon a feladatmegoldás nagyon sokszor tényleg csak önmagáért van, nem válik világossá, hogy túl a feleléseken, a dolgozatokon és a vizsgákon mi a jelentősége e tevékenységnek. A kívánt tanulói teljesítmény azonban másképpen is figyelembe vehető. Beszélhetünk *ráismerést, felidézést*, illetve *kreatív teljesítményt* igénylő feladatokról. A kívánt ismeretre csak rá kell ismerni, pl. az egyszerű feleletválasztós tesztfeladatok esetében. A felidézés teljesítményét igényelheti,

ha valamilyen adatot, tényt, leírást, definíciót, összefüggést, törvényt, stb. kérünk számon. Ennek a csoportosításnak problémája, hogy a harmadik csoportba, a kreatív teljesítményt igénylő feladatok csoportjába tartozik a legtöbb feladat, amelynek megoldásához több kell, mint az ismeret formális birtoklása.

A fizikai feladatok között a *tesztkérdés típusúakkal* külön is érdemes foglalkozni. Tágabb értelemben teszt minden olyan feladatsor, amellyel értékelni, vizsgálni, kutatni akarunk valamit. Szűkebb értelemben a számításokat, túl sok írást nem igénylő, kvalitatív következtetésekkel megoldható feladatok sora a teszt, amelynek értékelése – legalábbis ha jól készítették el a tesztet – egy megoldókulcshoz képest teljesen objektívnak tekinthető. Gyakori feladattípus a tesztekben a feleletválasztós kérdés, de ennél összetettebb, a tudás mélyebb birtoklásának mérésére is alkalmas tesztfeladat-típusokat is ismerünk. A magyar fizikaoktatásban érettségin, írásbeli felvételin nem használják. Általános iskolai munkatankönyvekben és munkafüzetekben előfordul. A nemzetközi érettségi (International Baccalaurate) tételeinek 20 %-át a tesztek adják. Amerikai és nyugat-európai egyetemi és középiskolai vizsgáztatási formák között is fontos szerepet játszik a teszt. Az Országos Közoktatási Intézet, mely készül az új kétszintű érettségi kidolgozására, szintén elfogadhatónak tartja a tesztet, mint egy lehetőséget. E téma azonban már a pedagógiai értékelés kérdéséhez tartozik, s könyvünkben ezzel részletesen nem foglalkozunk.

7.5. A feladatmegoldásról

7.5.1. A feladatmegoldás szerepe a fizikatanításban

Eddigi megfogalmazásainkból érezhette az olvasó, hogy a problémamegoldást, az erre való nevelést a fizikatanítás során nagyon fontos kérdésnek tekintjük, fontosabbnak, mint az egyszerűbb feladatmegoldást. Ez azonban nem jelenti azt, hogy a feladatmegoldás – tehát a meglévő, ismert algoritmusok alkalmazása – ne játszana a gyakorlati pedagógiai tevékenységben fontos szerepet, s magunk ne ismernénk el ezt a szerepet. Legfeljebb azt korlátozottabbnak gondoljuk, s inkább a komplexebb, kvalitatív meggondolásokra épített problémamegoldást hangsúlyozzuk. Tekintsük át azonban a feladatmegoldásokra vonatkozó ismereteket is!

Kétségtelen tény, hogy *a feladatmegoldás a mai fizikatanítási gyakorlatban alapvető szerepet játszik*. Staniv és Kilpatrick (1988) a következő főbb tényezők, elképzelések és feltételezések hatását látják ebben:

1. A természettudományok ismeretrendszereit feladatmegoldáson keresztül lehet megtanulni. A tanárok történetileg is igazoltnak tartják ezt a feltételezést.
2. A feladatmegoldásban szerzett rutin fontos szerepet játszik általában a továbbtanulásban. Magyarországon azokban az esetekben, amikor fizikából felvételizni kell, szinte kizárólag feladatmegoldásra van szükség. A pedagógusok úgy gondolják – nem minden alap nélkül -, hogy ezekre a megméretésekre a tanulóikat fel kell készíteniük.

3. A feladatmegoldás eszköz a tananyag megértéséhez. Egy új fogalmat megtanulni, egy új képességet elsajátítani elsősorban a feladatmegoldás segítségével lehet, gondolják sokan.
4. A feladatok megoldásának sikeressége a tudás elsajátításának mérője is egyben. Ezért a feladatmegoldás alapvető szerepet játszik az értékelésben, ez a szerep mindenki előtt nyilvánvaló, s szinte megkérdőjelezhetetlen.
5. A feladatmegoldás a vizsgaszituációkra való felkészítésnek is fontos tényezője. Ez Magyarországon nem túl jelentős tényező, hiszen itt a közoktatásban elsősorban az érettségiről lehet szó, s ez kevés tanulót érint. Más országokban azonban e megfontolás sokkal jelentősebb lehet a vizsgarendszer függvényében.
6. Bizonyos elképzelések szerint a feladatmegoldás még az általánosabb problémamegoldási képesség formálásában is szerepet játszhat, amennyiben az utánzás révén, illetve rutinok gyakorlásával segíthet.

Érdekes módon Stanic és Kilpatrick érvrendszerében nem szerepel, de hazánkban a fizikatanárok fontosnak tartják a feladatmegoldások *gondolkodási képességek fejlesztésében* játszott szerepét is. Korábban ezzel kapcsolatban már részletesen bemutattuk saját álláspontunkat, amely a konstruktivista pedagógiára támaszkodva azt állítja, hogy általános gondolkodási képességeket nem lehet fejleszteni, mert nincsenek. A konstruktivizmus szerint is van azonban *metakognitív tudásunk* a gondolkodásról, s ez fejleszthető, bár erre korlátozottan alkalmasak a feladatmegoldások, hiszen lényegében csak az algoritmikus gondolkodáshoz fűződő tudásunkat fejlesztik.

A tanárok feladatmegoldással, annak szerepével kapcsolatos elképzelései és gyakorlatuk természetesen a tanítás mai helyzete által meghatározottak. Ha a felvételi (fizikából) hat feladat megoldását követeli, akkor legalábbis egy megközelítésként adaptív pedagógiai stratégia a feladatmegoldás sulykolása. Ez annál inkább így lehet, mert a társadalmi gyakorlat jelenleg nem fogalmaz meg élesen igényeket a fizikaoktatással szemben. A legjobbak kiválasztása és a képzés igényeiknek megfelelő alakítása az elvárás, s hogy a nagy tömeg, a fizikát szakmájukban később nem használók mire mennek a tudásukkal, az ma még a társadalom számára majdhogynem lényegtelen kérdés. A fizikatanárok így – részben a könnyebb ellenállás irányát választva – lemondanak arról, hogy minden tanulót a valódi szituációkban előkerülő problémák megoldására neveljenek. A feladatmegoldás tehát szűk, lényegében „szakképzési jellegű” célok kielégítése érdekében szerveződik.

Lehetne másmilyen is a feladatmegoldás funkciója? Igen, de ehhez egészen más alapokból kellene kiindulni. Először is el kellene fogadni, hogy *mindenkit* tanítunk fizikára, nem csak az osztály „kis fizikusait”. Ebből következően a feladatmegoldások általában az életben felmerülő problémák esetén *a már megtanult megoldási algoritmusok begyakorlását, továbbá ezen algoritmusoknak az életszerű problémákhoz való hozzárendelését, s ezen keresztül a tudás még alaposabb elsajátítását* szolgálnák. A tudás, ha már egyszer elsajátítottuk, megerősítést, konszolidálást igényel. Úgy gondoljuk ma, hogy ebben az ismétléseknek van szerepe, s így a feladatmegoldások, mint egy-egy tudásterület újbóli használatai hozzájárulhatnak a folyamathoz. Ez a tudásunk azonban kissé bizonytalan. Nem lehetünk benne teljesen biztosak, hogy az ismétlések, különösen az ugyanolyan kontextusokban való ismétlések oly nagy hatással vannak a tanulnivaló rögzítésére. Az empirikus adatok nagy száma támasztja ugyan alá

ezt a vélekedést, de a pedagógiai kísérletekben általában nem csak egyszerű, ugyanolyan kontextusban való ismétlés zajlik, hanem részben, kisebb-nagyobb mértékben a kontextus is változik. Ezért lehetséges, hogy a tanulási folyamat egy másik komponense játssza a főszerepet, ez a *többoldalú megközelítés*.

Vagyis hatékonyabb tanulást tesznek lehetővé az olyan ismétlések, illetve az olyan feladatmegoldások, amelyekben ugyan ugyanazt az algoritmust kell használni, de *nagyon különböző szituációkban*. Ha a feladatmegoldásokat így szervezzük, s nem csak egy kaptafára készült feladatszövegek léteznek, akkor a tanulás hatékonyabb lehet a többféle megközelítés elvének érvényesítésével. A tanuló többféle kapcsolatot tud kialakítani a már meglévő tudása és az új ismeret között, gazdagabbak, erősebbek lehetnek ezek a kapcsolatok, így egy konstruktivista meggondolás szerint a tudás mélyebb lehet. A célunk nem az, hogy az iskolás feladatok szövegének kontextusában tudják a gyerekek alkalmazni a tudást, hanem változatos körülmények között.

Külön kell szólnunk a „kis fizikusok" igényeiről. Kétségtelen, hogy a mai iskolarendszerben nekik jó feladatmegoldó rutinra van szükségük elsősorban (ugyan nem jó, hogy így van, de most tekintsük adottnak ezt a helyzetet). Azt a hipotézist fogalmazzuk meg, hogy még ebben az esetben is az a hasznosabb, ha nem lélektelen és végtelen feladatmegoldásra késztetjük ezeket a gyerekeket, hanem velük is nyitunk a *komplexebb problémamegoldások* irányában. Az a hipotézisünk, hogy komplex problémák megoldásával is el lehet jutni a rutinos feladatmegoldó szintre. Hipotézisünk azon alapul, hogy a komplexebb problémák megoldása során a fizikából továbbtanulni szándékozók könnyebben képesek kiépíteni azokat a fogalmi rendszereket, amelyek a komplex problémák megoldásához kellenek, s akkor a feladatmegoldások tudásbeli háttere is megfelelően és gyorsan formálódhat. Véleményünk szerint a mai gyakorlatban - amelyben nem a fizikai kérdések kvalitatív elemzésé a fő szerep - a gyerekek kínnal, keservvel sajátítják el a tudáshátteret, de mivel nagyon sokat foglalkozunk velük, s „óhatatlanul" előkerülnek a kvalitatív megfontolások is (de nem szervezetten), ezért valójában kiépül ezekben a gyerekekben egy erős fogalmi háttér, a fizika viszonylag jó megértése. De milyen áron és milyen színvonalon!

Hipotézisünk azt is magába foglalja, hogy ha a fizikából továbbtanulókkal is a fogalmi rendszer minél következetesebb kiépítésén munkálkodnánk, komplex problémák megoldására tennénk őket alkalmassá, akkor *a tudásuk a mai szintet is meghaladhatná*. Véleményünk szerint a feladatmegoldásra való erős koncentrálás hátráltatja a fizika valódi elsajátítását.

Végül megjegyezzük, hogy könyvünk más fejezeteiben bőven talál az olvasó példákat az e fejezetben favorizált, „valódi" problémamegoldásokra.

Feladatok

1. Keressen egy fizika feladatgyűjteményben olyan feladatokat, amelyek alkalmasak a komplexebb problémamegoldás tanítására!
2. Jelölje ki a fizika egy Ön által kedvelt, ismertebb területét, s fogalmazzon meg minél több kvalitatív meggondolásokat igénylő problémát ezen a területen!
3. Gyűjtsön példákat olyan fizikai problémákra, amelyeknek nincs egyértelmű eredményük!

4. Gyűjtsön példákat olyan fizikai problémákra, amelyek nem csak egyféle úton oldhatók meg!
5. Csoportmunkában jelöljenek meg egy komplex problémát, amelyre egy osztállyal, vagy egy évfolyammal projektmunkát építenének! Tervezzék meg a projektet, elsősorban a különböző csoportok számára megoldandó feladatokra, részproblémákra vonatkozóan dogozzanak ki javaslatokat! Használják fel a módszerekről szóló fejezetben található leírást is!
6. Fogalmazzon meg olyan fizikai problémákat, amelyeknek megoldása kísérletek, mérések vagy megfigyelések végzését igényelné a gyerekektől!
7. Először egyéni munkában keressenek olyan komplexebb fizikai problémákat, amelyeknek a megoldását is ismerik (legjobb létező leírásokból példákat venni)! Ezután egy csoporton belül mindenki oldja meg a többiek problémáit! Beszéljék meg, milyen módon oldották meg a problémákat, közben milyen műveleteket végeztek, hogyan gondolkodtak. Hasonlítsák össze ezeket a megfigyeléseiket a fejezetben leírtakkal! Még érdekesebb a feladat megoldása, ha a csoport fele úgy beszél a saját problémamegoldásairól, hogy még nem olvasta a fejezetet, a másik fele viszont e fejezet megismerése után.
8. Hasonlítson össze azonos korosztály számára készített fizika tankönyveket abban a tekintetben, hogy hány, és milyen típusú feladatok, problémák szerepelnek bennük!
9. Vizsgáljon meg fizika tankönyveket abból a szempontból, hogy az egyes leckék után következő feladatok milyen elvek szerint követik egymást!
10. Vizsgáljon meg különböző feladatgyűjteményeket, példatárakat felépítésük szempontjából! Milyen fő fejezetekből állnak és az egyes fejezeteken belül milyen rendező elv szerint következnek a feladatok? Vannak-e benne problémák?
11. Vizsgáljon meg érettségi, felvételi és verseny feladatsorokat, milyen rendező elv szerint következnek a feladatok! Milyen problémákat oldanak meg a gyerekek?
12. Nézze meg a KÖMAL (Középiskolai Matematikai Lapok) fizika rovatát egy évre visszamenőleg! Milyen típusú feladatokat, problémákat talál bennük?

Irodalom

Chi, M. T. H., Feltovich, P. J. és Glaser, R. (1981): Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5 121-152.

Hardiman, P. T., Dufresne, R., és Mestre, J. P. (1989): The relation between problem categorization and problem solving among experts and novices. *Memory és Cognition,* 17 627-638.

Hinsley, D. A., Hayes, J. R. és Simon, H. A. (1977): From words to equations: Meaning and representation in algebra word problems. In: Just, M. A. és Carpenter, P. A. (Szerk.) *Cognitive Processes in Comprehension*. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Hillsdale.

Hobden, P. (1998): The Role of Routine Problem Tasks in Science teaching. In: Fraser, B. J. és Tobin, K. G. (Szerk.) *International Handbook of Science Education.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London. 219-231.

Karmiloff-Smith, A. és Inhelder, B. (1976): If you want to go ahead, get a theory. *Cognition*, 3 195-212.

Larkin, J. H. (1981): Enriching formal knowledge: A model for learning to solve problems in physics. In Anderson, J. R. (Szerk.) Cognitive Skills and Their Acquisition. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Hillsdale.

Larkin, J. H. (1983): The role of problem representation in physics. In Gentner, D. and Stevens, A. L. (Szerk.), *Mental Models.* Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Hillsdale.

Larkin, J. H., McDermott, J., Simon, D. P. és Simon, H. A.(1980): Expert and novice performance in solving physics problems. *Science,* 208 1335-1342.

Mestre, J. P. (1991): Learning and instruction in pre-college physical science. *Physics Today, 44,* #9 (Sept.), 56-62.

Mestre, J. P. (1994): Cognitive aspects of learning and teaching science. In: Fitzsimmons, S. J. és Kerpelman, L. C. (Szerk.) *Teacher Enhancement for Elementary and Secondary Science and Mathematics: Status, Issues, and Problems.* National Science Foundation, Washington, D.C.

Newell, A. és Simon, H. A. (1972): *Human Problem Solving.* Prentice Hall, Englewood Cliffs.

Pléh Csaba (1992): *Pszichológiatörténet*. Gondolat Kiadó, Budapest.

Pólya György (1977): *A gondolkodás iskolája.* Gondolat kiadó, Budapest.

Schoenfeld, A. H. és Herrmann, D. J. (1982): Problem perception and knowledge structure in expert and novice mathematical problem solvers. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition,* 8 484-494.

Staniv, G. M. és Kilpatrick, J. (1988): Historical Perspectives on Problem Solving in the Mathematics Curriculum. In: Charles, R. J. és Silver, F. A. (Szerk.) *The Teaching and Assessing of Mathematical Problem Solving* (Volume 3). Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Hillsdale. 1-22.

8. TANULÁSSZERVEZÉSI LEHETŐSÉGEK A FIZIKAÓRÁN

WAGNER ÉVA

Az iskolában zajló munka igen összetett folyamat. A tantárgyak által átfogott műveltségtartalmakat a tantervek tartalmazzák. A tanítási folyamat eredményességét azonban nagymértékben meghatározza a pedagógusok felkészültsége, mesterségbeli tudása. A tanári tudás fontos része a szaktudomány pontos és alapos ismerete. Legalább ilyen fontos a tanár módszertani, pedagógiai felkészültsége, mert csak a megfelelő módszerek alkalmazásával érhető el, hogy a diákok tanulási folyamatai eredményesen alakuljanak. Ebben a fejezetben a konstruktivista szemlélet alapján tekintjük át a tanulás szervezésével és a tanítási módszerekkel kapcsolatos ismereteket.

8.1. Tanulási környezet

Először is tisztázzuk, hogy mit is értünk a módszer fogalmán. A módszer olyan, az oktatásban alkalmazott állandósult cselekvési forma, amely alkalmazásával a legváltozatosabb tartalmak dolgozhatók fel, de e feldolgozások lényegében azonos elemi lépésekre bonthatók. (Falus 1998).

A pedagógiai szóhasználatban sokféle értelemben alkalmazzuk a *módszer* kifejezést. Szeretnénk tisztázni, hogy ezek közül mi melyeket nem nevezzük módszernek. Gyakran olvashatunk a szaksajtóban a Waldorf-módszerről, vagy a Zsolnai-módszerről. Ezek a mi felfogásunk szerint nem módszerek, mi olyan pedagógiai rendszereknek tekintjük őket, amelyek mögött jól körülhatárolható pedagógiai elképzelések állnak, s amelyekhez speciális eljárások rendszerei kapcsolódnak.

Óramegbeszélések, óraelemzések során sokszor hallhatunk olyan megfogalmazásokat, melyek szerint a tanár azt a módszert alkalmazta, hogy előbb megkérdezte a gyerekek véleményét, s csak az után fogalmazta meg a sajátját. Az ilyen, az óravezetés kisebb lépéseit befolyásoló, a gyakorlatban kétségtelenül fontos döntéseket szintén nem soroljuk a módszerek közé.

A következő fejezetben részletesen kifejtjük, hogyan vélekedünk mi a módszerekről, néhány példával szemléltetjük, mit tartunk mi módszernek. Értelmezésünk szerint módszerek például a következők: a projekt, a tanári előadás, az esettanulmány, vagy a jövőkerék.

A pedagógus módszerei és a tanulási környezet

A konstruktivista pedagógia tanulásképe a korábbi pedagógiai elképzelésekhez képest új megvilágításba helyezi a módszerek kérdését. Abból indulunk ki ugyanis, hogy a tanulás az egyénekben, konstrukciós folyamatként zajlik. A tanár feladata az, hogy minél eredményesebbé tegye ezeket az egyéni konstrukciós folyamatokat. Az eddig is követett gondolkodásmódunkhoz híven eredményesség alatt a tudás széles értelemben vett adaptivitását értjük. Ez nem azonos az ismeret pontos visszaadásával, iskolai körülmények közötti felidézésével, hanem elsősorban a "valós életben" való alkalmazhatóságot jelenti. Ahhoz, hogy a tanulás eredményes lehessen, nem csak a módszert, hanem a teljes *tanulási környezetet* kell a gyerek számára a legoptimálisabban alakítani.

A *tanulási környezet* a módszereknél lényegesen bővebb fogalom, beletartozik a gyermek tanulásához biztosított eszközök teljes rendszere: a kísérleti eszközök, a könyvtár és médiatár, a számítógépes programok és videofilmek, a tanulás téri és idői viszonylatai, a tanulási folyamat terve, annak felépítése, a munkaszervezés körülményei, a gyerekek és a gyerekek, a gyerekek és a pedagógus közötti interakciók rendszere, a gyerekek előzetes ismeretei, valamint azok a befoglaló elméletrendszerek, amelyekbe az új ismeret majd beépül. A konstruktivista pedagógia szempontjából a gyermeki gondolkodás jelentősége meghatározó. A sikeres tanulás érdekében a gyermekek tanulását támogató rendszernek elméleti szempontból minél egységesebbnek kell lennie (Duffy mtsai, 1992).

A tanulási környezet fogalma egyfelől magába foglalja a hagyományos értelemben vett módszertant, hiszen a módszer megválasztását meghatározza a tanulást ténylegesen végző gyerek, a maga gyakran meglepő, egyéni útjain zajló konstrukciós folyamataival. Másfelől viszont hallatlanul felértékelődik a tanár módszertani kultúrája, mert ahhoz, hogy a gyerekek tanulási folyamatait a leghatékonyabban segíthesse, a tanárnak rendkívül gazdag módszertani repertoárral és szakmai tudással kell rendelkeznie, hiszen azt a módszert kell alkalmaznia, esetenként akár egyidejűleg többet is, amely a gyerekek eredményes tanulásának szempontjából a legcélravezetőbbnek látszik.

Az előbbieken túl tovább növekszik a tanár szaktárgyi tudásának jelentősége, beleértve a fizika tárgyi tudását, de kibővítve a gyerekek lehetséges gondolkodási, konstrukciós folyamatainak ismeretével is.

A következőkben áttekintjük, hogy a konstruktivista szemléletű fizikatanítás során milyen, a módszerek kiválasztását, alkalmazását és értékelését meghatározó elveket tartunk fontosnak.

8.2. Elvek

A módszerek kiválasztásával, alkalmazásával és értékelésével kapcsolatban a következő elveket tartjuk a legfontosabbnak:

- a gyermek környezetéből, a gyakorlatból való kiindulás elve (*kontextus elv*):
- a probléma felismerés és a problémamegoldás fontossága;
- a döntés fontossága;
- a konfliktuskezelés és megoldás;
- a kockázat értékelése és vállalása;

- a tévedések felismerése és kezelésük;
- az elméletek, belső képek megfogalmazása;
- a differenciális pedagógia alkalmazásának szükségszerűsége.

8.2.1. Kontextus elv

Ez az elv – mint arról a konstruktivista pedagógia alapjait tárgyaló fejezetnél már szóltunk - a fizika tanítása során azt jelenti, hogy lehetőleg a gyermek hétköznapjaiból, közvetlen környezetéből vett példákat, eseteket dolgozzunk fel a tanítási órákon. Ennek azért nagy a jelentősége a gyermekek tanulási folyamatainak szempontjából, mert a tanítás életszerűbbé válásával a jelenleginél sokkal több gyerek kapcsolódik be ténylegesen a tanórai folyamatokba. A gyerekek többségét foglalkoztató problémák feldolgozásával elérhetjük, hogy megnövekszik a tantárgy iránti érdeklődés. A megfelelően kiválasztott feladatok megoldása közben nemcsak a fizikai ismeretek megértéséhez jutnak közelebb a gyerekek, de a munka során olyan módszereket is elsajátíthatnak, amelyeknek más területeken is hasznát veszik majd felnőtt életük során. Megismerhetnek probléma-elemző módszereket, megtanulhatják, hogyan lehet egy-egy döntés következményeit előre átgondolni, elemezni.

A kontextus elv alkalmazásának minden olyan feladat, probléma eleget tesz, amely kapcsolódik a gyerekek közvetlen környezetéhez. Például származhat a feladat a közvetlen környezetből, így feldolgozhatjuk az iskola, a lakóhely valamely aktuális problémáját, de akár a gyerekek által kedvelt TV-sorozatból, természetfilmből, könyvből is meríthetünk egy-egy feladat megfogalmazásakor.

Azért is fontos a gyakorlatból, a gyermeket foglalkoztató problémák köréből választani a feladatokat, mert ezek a gyermekeket ténylegesen izgatják, mindenképpen magyarázatokat alkotnak rájuk. Feltehetőleg könnyebb ilyen problémák megoldása során megismerni és alakítani a gyermeki gondolkodást is, mert ezekben a szituációkban könnyebben fogalmazódnak meg a megoldások mögött formálódó gyermektudományi elemek. A következő feladatok a gyerekek többsége által jól ismert környezetből származnak.

Vizsgáljátok meg azt, hogy a reklámokban energiatakarékosnak hirdetett elektromos eszközök vajon ténylegesen energia-takarékosak-e! Elemezzétek működésüket más anyagokkal (pl. víz, vegyszerek) való takarékoskodás szempontjából is!

Válasszatok ki egy általatok nap, mint nap használt elektromos eszközt (pl. izzólámpa)! Vizsgáljátok meg, hogyan változott ennek az eszköznek az energia-felhasználása több, egymást követő generációnál!

8.2.2. A probléma felismerés és a probléma megoldásának fontossága

A probléma felismerésének kérdése több szempontból is fontos a természettudományos tanulmányok során. Nagy a jelentősége azért, mert alakítja a tanulók motivációs bázisát, segíti a megértést, nagyban hozzájárul a bonyolult szituációk elemzésének megértéséhez, fontos a megfelelő döntések előkészítése és meghozatala szempontjából. Ha megmutatjuk, hogy a tanult ismeretek alkalmasak arra, hogy segítségükkel valóságos, vagy valósághoz közeli, szimulált problémákat

megoldjunk, vagy a megoldások következményeit elemezzük, akkor a tudás presztízse jelentősen megnövekedhet. Ha a tudás presztízse növekszik, a gyerekek törekedni fognak a megértésre, a megértett, feldolgozott ismeretek tartós, és használható tudás alapjait képezik majd.

Az, hogy a gyerekek viszonya milyen a természettudományos ismeretekhez, illetve milyen a viszonyuk e tantárgyakhoz, és különösen a fizikához, nagyon fontos tényező a tanulás eredményessége szempontjából. Ha a gyerekek az iskolai tanulmányaik során, a tananyag elsajátítása közben problémákat fogalmaznak meg, és megoldási utakat találnak, annak egyik alapvető eredménye az lesz, hogy az adott ismeretkört megértik, és ténylegesen elsajátítják. Példát, módszert kaphatnak arra, hogy a hétköznapi életben felmerülő problémákat maguk is felismerjék, és megoldásokat is találjanak azokra. A módszerekkel foglalkozó részben részletesen is leírjuk, hogy mely módszerek nyújtanak különösen sok segítséget a probléma megoldások során. Itt csak példaképp említünk meg néhányat: döntésfa, jövőkerék, strukturált vita.

A fizika tanítása során gyakran kell olyan feladatokat adni a gyerekeknek, amelyek egy probléma megfogalmazását írják le, s a gyerekeknek maguknak kell a probléma megoldását megtalálni. Ilyen feladat lehet például a következő:

Az iskola kertjének öntözéséhez szeretnénk az ereszcsatornából lefolyó csapadékvizet összegyűjteni. A csatornakifolyókat egy nagy, földbe süllyesztett tartályba vezettük, így eső esetén ez megtelik vízzel. Amikor szükséges, egy szivattyú segítségével innen öntözhetjük meg a kertet. Az egyik alkalommal hatalmas felhőszakadás volt, és a földalatti tároló megtelt. Mivel a csatornából a víz nem tudott lefolyni, az esővíz eláztatta a falat. Az ilyen esetek elkerülése érdekében lehetőség van arra, hogy a víz alatti tároló telítődése esetén egy egyszerű szerkezettel a vizet ne a tároló felé, hanem a felszínre vezessük, ahonnan gond nélkül elfolyik. Meg kellene oldani azonban, hogy a föld alatti tartály telítődését valamilyen berendezés jelezze. Tervezzétek meg ezt a berendezést!

A fenti eset elvileg bármelyik iskolában, vagy akár egy családi háznál is előfordulhat. A híradásokban gyakran szerepelnek az ivóvíz előállításával kapcsolatos esetek, a gyerekek otthon is hallhatnak arról, hogy a vízzel takarékoskodni kell. A probléma tehát élő, s feltehetőleg sok gyerek számára izgalmas erőpróba. A feladat megoldásához további instrukciókat adhatunk, attól függően, hogy a tanítás során éppen hol tartunk. Lehet a jelzőszerkezet elektromos, de az úszás témakörében is alkalmazható a feladat. Az előbbihez hasonló problémák megoldása során a gyerekekben tisztázódhatnak a fizikai ismeretek, felszínre kerülhetnek olyan, a megértést akadályozó értelmezési problémák, amelyekre korábban nem derült fény. Az ilyen típusú feladatok nem oldhatók meg pusztán a megfelelő képletek keresésével, és az azokba való mechanikus behelyettesítéssel.

8.2.3. A döntés fontosságának elve

A döntés mindennapi életünk szerves része, a fizika órákon legtöbbször csak iskolás szituációkban kerül sor alkalmazására.

A döntés azért fontos elv a fizika tanítása során, mert ahhoz, hogy bármely valóságos szituációban megfelelő döntés születhessen, meg kell tanítanunk diákjainkat arra, hogy a megfelelő döntés meghozatala gyakran összetett folyamat, amelynek fortélyai megtanulhatók.

Egy megfelelő döntés meghozatalához meg kell ismerkedni magával a helyzettel, amelyben dönteni kell. Ez gyakran együtt jár a kialakult helyzet előzményeinek megismerésével, feltérképezésével is. A döntés előkészítése során fel kell tárni a döntést

befolyásoló érdek- és értékrendszereket, fontos szempont lesz az érintett emberek, közösségek igényeinek és lehetőségeinek körültekintő mérlegelése. A helyes döntés érdekében különböző alternatívákat kell megfogalmazni, elemezni kell az egyes alternatívák előre látható következményeit. A döntéselőkészítő folyamatban mindig alkalmazni kell ismereteinket, s gyakran újabb ismeretek megszerzésének igénye is felmerül.

A különböző döntést segítő módszerek részletesebb leírását majd a módszerekről szóló részben adjuk meg, most nézzünk egy példát a döntés tanítási folyamatban való alkalmazására.

Az iskola fűtése rossz. Télen sok tüzelőt használunk el, mégis gyakran van hideg. Eddig a tantermeket gázkonvektorokkal fűtöttük, a folyosókon fűtés nem volt. A gázkonvektrok többsége hibás, működésük balesetveszélyes, ezért a fűtési rendszer teljes felújítása nem kerülhető tovább. Tegyetek javaslatot arra, milyen legyen az iskola új fűtési rendszere!

Családotok egy házat örökölt. A ház alapterülete 80m^2, jó állapotban van, de mivel eddig télen nem laktak benne, a fűtése nem megoldott. Meg kell csináltatni a fűtést, de milyen legyen? A megoldáshoz gondold végig a következő szempontokat:

- családod tagjai napközben hol tartózkodnak;
- tartozik-e a házhoz tüzelő tárolására alkalmas helyiség;
- van-e vezetékes gáz az utcában; mennyi készpénzzel, illetve hitel lehetőséggel rendelkezik a család;
- milyen további szempontok befolyásolják még a döntést.

Tegyetek javaslatot arra, milyen legyen a ház fűtése!

A fenti problémák bármelyikének megoldása során több alternatíva kidolgozására, megfelelő mérlegelésre, adatok gyűjtésére és a szükséges számítások elvégzésére is sor kerül.

8.2.4. A konfliktuskezelés és -megoldás

A konfliktusok kezelése és megoldása általában nincs jelen a hagyományos fizika tantervekben. Az e tantervek által közvetített tartalmak természetéből következik, hogy konfliktusokkal általában nem számolnak a tervezés során. Természetesen a fizika tantárgy legtöbb ismeretéhez kapcsolódik olyan valós konfliktushelyzet, amelynek elemzése sok diák számára bizonyítaná a fizikai ismeretek elsajátításának fontosságát. Az energetika témakörhöz számos olyan a hétköznapi életből merített konfliktus kapcsolódhat, amelynek elemzése, megvitatása sok diák számára tenné élvezetesebbé, sikeresebbé a fizikatanulást.

Napjaink egyik gyakran visszaköszönő kérdése az, hogyan lehet a társadalom egyre növekvő energia igényét kielégíteni. Sokan azon a véleményen vannak, hogy az atomerőművekben nyert energia segít a gondok megoldásában, mások ellenzik az atomerőművek telepítését. A két nézet képviselői között nem ritka az összeütközés, ilyenkor gyakran alakulnak ki feloldhatatlannak tűnő helyzetek. Hogyan lehet az energiakérdést biztonságosan megoldani?

Ez, és még számos más kérdés nem válaszolható meg pusztán fizikai ismeretek alkalmazásával, mert a probléma társadalmi szituációkba ágyazottan jelenik meg, és a megoldás során sem tekinthetünk el a kialakult körülményektől. E feladatoknak a fizika tanítása szempontjából az az egyik igen fontos szerepe, hogy számtalan olyan diákot tesznek érdekeltté a fizikai problémák megoldásában, fizikai ismeretek megértésében és elsajátításában, akik a hagyományos fizikatanítással szemben érdektelenek maradtak. Az ilyen típusú feladatok megoldásának megvitatása, az egyes megoldási utak elemzése jó lehetőséget teremt ahhoz, hogy a különféle gyermeki elképzelések felszínre kerüljenek, megfogalmazódjanak, ütközzenek. Így e feladatok nagyban hozzájárulnak ahhoz, hogy a gyerekek felépítsék magukban a közvetíteni kívánt fizikai elméleteket.

Nem kevésbé fontos, hogy mivel a fizikai ismeretek szinte kizárólag társadalmi helyzetekbe ágyazottan képezik valós konfliktusok magját, az eredményes tanítás érdekében a hagyományok szerint más műveltségi területek körébe vont ismereteket is mozgósítani kell a tanítási órákon. A korábban használt terminológiával kifejezve ez azt jelenti, hogy a tanulási környezet kérdését az eddiginél is jóval komplexebben kell kezelni, hiszen a gyermeket érő hatások összessége formálja az alakuló gondolkodási rendszereket.

Noha a hazánkban széles körben elterjedt fizikatantervek általában nem foglalkoznak a konfliktusok elemzésével, van egy olyan tantervi típus, amelyben ez a tanulási szituáció gyakori. Az STS (Science – Technology - Society) típusú tantervekben gyakran központi szerepet játszik egy-egy konfliktus elemzése, és a hozzá kapcsolódó megoldás-keresési folyamat. E tantervekben központi kérdés a tudományok és a társadalom viszonya, így azokba szervesen illeszkednek az ilyen típusú feladatok.

8.2.5. A kockázat értékelése és vállalása

Könnyű előre jelezni, hogy a mai iskolákba olyan gyerekek járnak, akik felnőttként teljesen más környezetben élnek, dolgoznak majd, mint amilyenben ma iskolába járnak. Hogyan készíthet fel az iskola egy olyan helyzetre, amely ma még nem is létezik? A kockázatelemzéssel (Marx 1996) itt nem foglalkozunk részletesen, de a fizikatanítás szempontjából fontos, hogy olyan ismereteket nyújtson a mai diákok számára, amelyek felhasználásával felnőttként boldogulnak majd egyszerűbb és összetettebb döntési folyamatokban. Nevezetesen fel kell készítenünk diákjainkat arra, hogy képesek legyenek a legkülönbözőbb döntéseikkel együtt járó kockázatok felismerésére és elemzésére. Csak akkor tudnak majd felnőttként megfelelő döntéseket hozni, ha diákkorukban megtanulták, hogy minden döntésnek van kockázata. Kockázattal jár a közlekedés, de a kockázat csökkenthető, ha megfelelő járművet és útvonalat választok, kockázatot jelent a háztartási vegyszerek alkalmazása, de megfelelő használat esetén a kockázat kisebb lehet. Otthon és a munkahelyünkön elektromos árammal működő eszközök szolgálnak és veszélyeztetnek bennünket. Hogyan válasszunk közülük vásárláskor, hogyan használjuk eszközeinket annak érdekében, hogy minél kisebb kockázat mellett, minél jobban szolgáljanak bennünket? Hogyan értékeljük azokat az információkat, amelyeket állampolgárként, az előttünk álló döntéshez kapunk? Hogyan kérdezzünk, hogy megfelelően felmérhessük a döntéseinkkel együtt járó kockázatot? Az iskola, és így a fizika tanítása sem teheti meg, hogy ezekre a helyzetekre nem készíti fel a diákokat.

A fent vázolt tudáskép kialakításának a fizika tanítására nézve fontos következményei vannak. Tudomásul kell venni, hogy a kockázat kérdése és elemzése a hagyományos fizika programokban nem központi kérdés. Nem is lehet az, hiszen kockázat csak a valós életből származó probléma megoldása során van, s mivel a probléma a hétköznapi életből származik, nem oldható meg pusztán fizikai ismeretek alkalmazásával. Fontos tehát, hogy megteremtődjön az a tanulási környezet, amelyben a különböző műveltségi területek körébe tartozó ismeretek rendszerszerűen találkozhatnak. Ehhez olyan feladatokat kell keresni, amelyek megoldása során a diákok megtanulják a döntésekkel járó kockázat feltárását, elemzését, és értékelését.

Egy város energiaellátása nem megoldott. Többféle lehetőség is felmerül, végül is két nézőpont közül kell választani. A vita azon folyik, hogy az erőmű milyen energiahordozó feldolgozásából nyerjen elektromos áramot. A város lakossága több pártra szakadt. Az egyik csoport vízierőmű építését javasolja. Fő érvük az, hogy szerintük ez semmilyen környezetkárosító hatással nem jár, sőt a víztározó környékén pihenőhely is létesíthető, s így az amúgy is sok védett természeti értékben gazdag környezet még vonzóbbá válna az idegenforgalom számára. Egy másik csoport ezzel szemben a széntüzelésű erőmű építése mellett érvel, mert így a város közelében lévő bánya sok embernek jelentene biztos munkahelyet, s megfelelő szűrőberendezésekkel az erőmű okozta levegőszennyezés nagyon alacsonnyá tehető.
Ti vagytok a város vezetősége, nektek kell döntenek a két álláspont között.

8.2.6. A tévedések felismerése és kezelésük

A tévedések, "hibák" az iskolások számára általában a szégyellni-, rejtegetnivaló dolgok kategóriájába tartoznak. Mindannyian tapasztalhattuk már, hogy jónéhány gyerek inkább semmit sem válaszol a leghétköznapibb kérdésre sem, minthogy vállalja annak a következményeit, hogy esetleg másoknak más a véleményük, vagy kiderül, hogy az ő elgondolása nem helyes. Amennyiben ezen a helyzeten nem tudunk változtatni, annak súlyos következményei lesznek (illetve már vannak is) a megértés, és a megtanulás terén.

Mi is állhat ennek a jelenségnek a hátterében? A jelenség természetesen nemcsak a fizika órákon figyelhető meg, de bennünket ezek az órák érdekelnek elsősorban. Ha a gyerek befoglaló elméletrendszere (előzetes tudása) nem felel meg annak, amivel a tankönyv, a tanár és az osztálytársak egy része magyarázza a jelenségeket, akkor a gyerek a saját elméletrendszerében alkothat ugyan koherens magyarázatokat, előre jelezhet történéseket, ezek azonban gyakran különbözni fognak a "másként gondolkodók" által megfogalmazottaktól. Az ilyen válaszokat gyakran "hibásnak" minősítik, hiszen nem kerül felszínre a válasz mögött működő gondolkodási rendszer. A gyerek helyzetét nehezíti, hogy többnyire nem érti meg, miért nem fogadják el a számára logikusnak tűnő választ, és többnyire arra sem képes, hogy a tanár, vagy az osztálytársak által "jónak" minősített magyarázatot megértse. ("Rossz" magyarázat, előrejelzés természetesen akkor is születhet, ha a befoglaló elméletrendszer alapvetően "jó".)

A 12 éves gyerekek a következő feladatot kapják: Rajzold föl a Földet jelképező körre, a Déli- illetve Északi sarkon álló gyereket. Ezek a gyerekek egy-egy labdát tartanak a kezükben. Jelöld egy vonallal, merre esik a gyerekek kezéből az elejtett labda!" A gyerekek egy része ezt a feladatot le sem tudja rajzolni, míg mások helyesen oldják meg a feladatot. Azok a gyerekek, akiknek nem sikerült a rajzot elkészíteniük, feltehetőleg még a lapos Föld képben gondolkodnak, amelyen a testek egymással párhuzamosan esnek. Ebben a feladatban olyan emberkéket kellene rajzolniuk, akik ugyanazon a Földön állnak, és a leejtett labdák egy egyenesben mozognak ugyan, de a mozgás iránya ellentétes. Ez a probléma a gyerekek egy része számára nem feloldható, tehát semmi nem kerül a papírra. Ezeknek a gyerekeknek hiába mutatjuk meg a helyes ábrát, nem fogják megérteni azt. Feltehetőleg korábban maguk is láttak már hasonlót, de az sem jelentett számukra semmit. A feladat különböző megoldásai mögött különböző gyermeki elképzelések állnak. Ezek megismerése, és ha szükséges átalakítása nélkül a gyerekek nem tudják a feladatot megoldani, sőt a mégoly szakszerűen és pontosan fogalmazott magyarázatokat sem a kívánt módon értelmezik.

Ha a gyerekek ahhoz szoknak hozzá, hogy tévedéseik, hibáik minden szituációban valamiféle megtorlást, rossz osztályzatot, stb. vonnak maguk után, akkor egy idő után már meg sem fogalmazzák gondolataikat, ilyenkor születhetnek például az üres papírok a dolgozatok helyett.

A tanulási folyamatban talán semmi sem olyan természetes, mint a tévedések, a rontások, a hibák és az újrakezdés vagy a hibakeresés. A tanítás során azonban legtöbbször nem használjuk ezt a lehetőséget. Ha a gyerekek egy-egy tévedésük, rossz

megoldásuk kijavításán dolgozhatnak, értékes gondolkodási folyamatok zajlanak bennük. Egyrészt szembe kell nézniük azzal, hogy az általuk korábban helyesnek vélt válasz nem megoldás a problémára. A tényleges hiba megtalálására sokkal nehezebb algoritmikus módszereket adni, mint egy-egy típusfeladat kiszámítására, hiszen a hibát nemcsak téves következtetés, számolási hiba okozhatja (ezeknek könnyebb a nyomára bukkanni). Sokszor kerülünk olyan helyzetbe, hogy a javítási kísérletek során világossá válik, hogy a gyerek nem sajátította el azt az elméletrendszert, amelynek megerősítését, begyakorlását a feladat, a probléma megoldásával célul tűztük ki. Ha a gyerekek megpróbálják kijavítani, elemezni hibás gondolamenetüket, először is világosan meg kell fogalmazniuk, hogyan gondolkodtak, keresni kell másfajta magyarázatot, elemezni kell a legalább kétféle megoldási út egyes lépéseit, a gondolkodási út logikai kapcsolatait, és így tovább. Ha ilyen elemző-vizsgálódó problémamegoldásra lehetőségük van a gyerekeknek, akkor várható, hogy egyrészt kiderül, hogy saját elméletük az adott probléma megoldásával kapcsolatban hol szorul korrekcióra, másrészt annak is világossá kell válnia, hogy milyen korrekcióra van szükség a célravezető gondolkodási út megtalálása érdekében.

Az előbb elmondottak alapján a konstruktivista pedagógia szempontjából a tévedések, hibák pedagógiai folyamatban való tudatos kihasználásának azért nagy a jelentősége, mert hathatós segítséget nyújtanak ahhoz, hogy a gyerekek megfogalmazzák elképzeléseiket, és konkrét problémák elemzése, megvitatása során hozzásegítsük őket a megértés szempontjából alapvető gondolkodási rendszerük megváltoztatásához.

8.2.7. A gyermeki elképzelések megfogalmazása

A konstruktivista pedagógia szempontjából alapvető kérdés, hogy sikerül-e tanítványainknak megfogalmazniuk a tanulandó témával kapcsolatos belső képeiket, elméleteiket! Ez nem is olyan egyszerű, hiszen az elképzelések megfogalmazása, a megfelelő nyelvi formák megkeresése, valamint a gyerek és a tanár közötti ilyen típusú beszélgetések vezetése, a gyerekek válaszainak értelmezése a legtöbbször nehéz feladat.

A belső képek megfogalmazása több okból is nehézséget jelent a gyerekeknek. Gondot jelent az, hogy a diákok gyakran nem rendelkeznek olyan szókinccsel, amely megfelelően segíthetné őket abban, hogy a fizika tanulás eredményessége szempontjából oly fontos elképzeléseiket megfogalmazzák. Egy másik akadály a megfogalmazás útjában, magában az iskolai működésben rejlik. A "tapasztalt" diák, mire szervezetten elkezd fizikát tanulni (12-13 évesen), többnyire megtanulja, hogy olyan gondolatok, elképzelések megfogalmazása, amelyek nyilvánvalóan különböznek a tankönyvben olvasottaktól, általában nem célravezető, gyakran jár rosszalló megjegyzésekkel, esetleg rossz osztályzattal. Így az iskoláskor kezdetén valamikor felhagy azzal, hogy bizonyos dolgokat megkérdezzen. Hiába gondol mást, mint amiről a többiek beszélgetnek, nem fogalmazza meg kérdéseit, gondolatait, így a folyamatosan felmerülő kételyek, és problémák megválaszolatlanok maradnak.

Ahhoz, hogy a problémamentes tanulás szempontjából fontos gyermektudományi elemeket megismerhessük, el kell érnünk, hogy megfogalmazódjanak a gyerekek belső képei. A gyerekek belső képeinek megfogalmazása előfeltétele a fogalmi váltások

előkészítésének. A fogalmi váltások megfelelő előkészítése viszont kulcskérdés az eredményes fizikatanítás szempontjából.

Azon, hogy ezt az elvet mennyire tudjuk a gyakorlatban megvalósítani, nagyon sok minden múlik. Ha ugyanis nem sikerül megismernünk a diákok befogadó elméletrendszereit, akkor fennáll annak a veszélye, hogy a tanítás során egy a hétköznapi szituációkban alkalmazott tudástól független másik, "iskolás" tudás kialakítását végezzük el, amely az iskola elhagyása után viszonylag gyorsan semmivé foszlik. Így hát minden eszközzel segítenünk kell a diákokat abban, hogy a tanulási folyamat során bátran fogalmazzák meg gondolataikat, meg kell értetnünk velük, hogy ez a megtanuláshoz vezető út.

Új anyagrészek előtt szólaltassuk meg a gyerekeket arról, milyen elképzeléseik vannak a következő anyagrésszel kapcsolatban. Tehetünk föl nekik ezzel kapcsolatban kérdéseket. Az anyagszerkezet tanítása előtt például a „Hogyan képzeled el a levegőt?" kérdésre kaphatunk érdekes válaszokat. Ha a beszéddel nehezen boldogulunk, akkor készíttethetünk velük rajzot, vagy modelleket is. "Képzeld el, hogy egy varázslattal láthatóvá vált számodra a levegő! Rajzold le, hogy mit látsz!" A témával kapcsolatos előzetes tudás felmérésnek másik módja a diagnosztikus teszt, vagy feladat. Erre a gyermektudományokkal foglalkozó fejezetben bőségesen találunk példákat.

8.2.8. A differenciális pedagógia alkalmazásának szükségessége

A konstruktivista elveket valló fizikatanár számára evidencia, hogy a gyerekek a fizika egyes területeiről különböző előismeretekkel rendelkeznek. Így az a mindennapi tapasztalat is jól értelmezhető számára, hogy különösen a tantárgy tanításának kezdeti szakaszában, ugyanarról a jelenségről másféle beszámolót, leírást kaphatunk diákjainktól, nem is beszélve arról, hogy mennyire különbözhetnek a gyerekek által a jelenségek, kísérletek magyarázataként megfogalmazott elméletek. Ez a tény a fizika tanításának szempontjából nagyon fontos, különösen, ha arra gondolunk, hogy milyen nagy szerepet kapnak a tantárgy tanítása során a kísérletek, a különféle jelenségek megfigyelése, és a hozzájuk fűződő magyarázatok, elméletalkotási folyamatok (M. Nádasi, 2001, 1998; Báthory, 1992).

Ha az a célunk (és miért ne lenne az), hogy a fizikai elméleteknek leginkább megfelelő, korszerű tudás alakuljon ki diákjainkban, akkor tekintetbe véve a különböző gondolkodási utakat, az érdeklődést és diákjaink nagyon különböző befogadó elméletrendszereit, nem tehetünk mást, minthogy a differenciális pedagógia módszereit alkalmazzuk a fizikaórákon.

A differenciálás szervezeti kérdései

A megfelelő és az eredmény szempontjából kívánatos differenciáláson mi elsősorban nem azt értjük, hogy a tantárgy iránt érdeklődő, abban jó eredményt mutató diákokat valamilyen módon különítsük el az aktuálisan kevésbé eredményesen teljesítőktől. A konstruktivista pedagógiai elképzelések szerint akkor válik igazán eredményessé a gyerekek egyéni tanulási folyamata, ha minél többféle elképzelést, modellt megismernek, és a feladatok, problémák megfogalmazásakor, megoldásakor kialakuló beszélgetéseken, vitákon egyre pontosabbá válhat saját tudásuk. Ebből a szempontból alapvető jelentősége van annak, hogy az oktatás minél tovább heterogén csoportokban, differenciáltan folyjék (M. Nádasi, 2001).

A konstruktivista pedagógia szempontjából kívánatos tanulási környezet fontos elemei a gyerekek közötti kapcsolatok, a megtervezett és spontán tanulási szituációk rendszere. Mivel a hagyományos tanítási folyamatban ilyesfajta kapcsolatokra általában csak a tanulói kísérletezés legtöbbször teljesen beszabályozott helyzeteiben adódott lehetőség, most azt fogjuk áttekinteni, hogy milyen előnyökkel és hátrányokkal, milyen változásokkal jár a gyermekek együttműködésén alapuló munkaformák szervezése a tanítási folyamatban.

Amikor a heterogén csoportokban végzett munka előnyeiről és szükségességéről akarjuk meggyőzni a pedagógusokat, számolnunk kell azzal, hogy igen sokan ellenérzéssel viseltetnek ezzel a munkaformával szemben. Milyen érveik vannak az egyik leghatékonyabban alkalmazható, együttműködésen alapuló munkaformával, a csoportmunkával szemben? A bal oldali oszlopban a kritika pontjait írjuk le, de jobboldalt azonnal szembeállítjuk mindegyikkel a legfontosabb ellenérveket.

A csoportmunka során:		*Ellenérvek*:
A gyerekek fegyelmezetlenek, nemcsak arról van szó az órán, ami a feladathoz tartozik.	↔	Egyébként ilyesmi sohasem fordul elő, a gyerekek nem leveleznek, vagy beszélgetnek a frontális órákon?
Nem tudják a feladatot egyedül megoldani, az esetleges megoldást lemásolják egymásról	↔	A frontális órán ez természetes, hiszen a megoldást a tanár, vagy egy gyerek írja a táblára, a többiek másolják, de itt eleve ez volt a terv!
Az a csoport, amelyik lassabb, nem készül el az óra végére, általános iskolások között gyakran még olvasási, szövegértelmezési nehézségek is vannak.	↔	Mikor tanuljon meg a gyerek olvasni, ha mindig megmondják neki, hogy mit kell csinálnia, és sohasem várják meg, hogy a saját tempójában készüljön el, vagy esetleg a saját felelősségére lemaradjon? Egyébként pedig mindig, minden feladatot az osztályban tanuló összes gyerek elvégez az óra végére, sohasem kell azokat otthon befejezni?
A csoportmunka általában lassú, gyakran még a jobb csoportok sem készülnek el a	↔	Mit tartunk fontosnak? Azt, hogy mennyi anyagot tud a tanár elmondani az órán, vagy pedig az az érdekes, hogy

tanítási óra végére.		mennyi ragad meg a gyerek fejében?
A csoportmunka során sok a “mellékvágány", a gyerekek sok mindent megkérdeznek, elolvasnak, amit a frontális órán nem.	↔	Vajon hogyan tanuljon a gyerek, ha nincs lehetősége megkérdezni, végiggondolni azt, ami a témával kapcsolatosan foglalkoztatja? Gondoljuk végig, az az idő, amit erre fordítunk, elveszett idő-e, vagy pedig a tényleges elsajátítási folyamatokat szolgálja?
A csoportmunka előkészítése a szokásosnál több munkát igényel a pedagógustól.	↔	Nincs mit tenni, ez igaz! De gondoljuk végig, hányszor kell egy már „letanított" ismeretet újra, meg újra elővenni! Ez nem időrabló? Nem lenne érdemesebb először ténylegesen megtanítani, és ezzel az újratanítás előkészületeit megtakarítani?
A csoportmunka során a különböző csoportok nem tudják ugyanazokat a feladatokat megoldani, vannak olyanok, amelyek mindennel elkészülnek, mások pedig alig néhány feladattal boldogulnak.	↔	Vajon a frontális tanítás során nem kell külön foglalkoznunk a jobbakkal ahhoz, hogy az osztály egésze számára tervezett tananyagnál többet adhassunk nekik? Vajon nem kell a tanítási órán kívül korrepetálnunk a lemaradókat?
A csoportmunka túlzottan eszközigényes.	↔	Forgószínpad-szerű óraszervezésnél, vagy differenciált órák szervezésekor az eszközökből elég egyetlen, akár a tanári kísérletezéshez használt eszköz is.

Kétségtelen, hogy a csoportos munkaforma másfajta helyzetet teremt, mint a hagyományos iskolai tanóra. A gyerekeknek nem tilos, hanem egyenesen kötelező megbeszélni a problémákat, vagyis nyilván lesz egyfajta alapzaj. Természetesen előfordulhat, hogy másról is szó esik, mint a feladat, és az is valószínű, hogy a gyerekeknek kezdetben nem megy simán az együttműködés. Ezeken a problémákon, ha

szükséges, a tanárnak kell úrrá lennie ugyanúgy, ahogyan a korábban adódó problémákat is meg kellett oldania. Egy-egy probléma felmerülése esetén, a csoportos munkaforma során azonban nem az egész osztály munkája áll meg, hanem csak egy csoport, vagy néhány gyerek igényli a tanár figyelmét.

Ha a gyerekek megtanulják az együttműködés elemi szabályait, a tanár pedig e munkaforma szervezését, ez olyan előnyöket teremt minden diák számára, amelyeket a frontális foglalkozások csak néhány gyereknek biztosítanak:

- olyan kommunikációs helyzeteket teremtünk, amelyekben a gyerekeknek alkalmuk nyílik:
- megfogalmazni a bennük kialakult elképzeléseket,
- megvitatni gondolataikat társaikkal,
- konkrét helyzetekben gyakorolni a szaknyelv használatát.
- a megoldások keresése során különösebb következmények nélkül tévedhetnek, és tévedéseiket ki is javíthatják,
- a csoportmunka során kipróbálhatják önálló ötleteiket,
- megfelelően megválasztott feladatok esetén megtanulják az együttműködést társaikkal,
- a csoportmunka hozzájárul az olvasási készség javításához,
- hozzájárul az énkép fejlődéséhez,
- a feladatról való beszámolók során a gyerekek megszokják a nagyobb közösség előtti szereplést,
- a gyerekek megtanulják megtervezni és megszervezni saját munkájukat.

Ha azt akarjuk elérni, hogy a gyerekek a differenciális pedagógiai módszerekkel ténylegesen többet tanuljanak, akkor nem engedhetjük meg azt, hogy a tanórán csak ugyanolyan hatékonysággal dolgozzunk, mint egyébként. El kell érni, hogy a gyerekek túlnyomó többsége aktívan vegyen részt a munkában, s ezzel tényleges lehetőséget biztosítsunk egyéni fejlődésükhöz. Ezt pedig csak akkor érhetjük el, ha a tanulási szituációkat úgy szervezzük meg, hogy azokban a gyerekeknek részt is kelljen venniük! Olyan feladatokat kell tehát adnunk, amelyek ténylegesen igénylik a gyerekek együttműködését, igénylik az alkotó tanulást és lehetővé teszik az új ismeretek beépítését, (munkamegosztás szükségessége, sokféle képességet igényel a megoldás, meg kell vitatni valamilyen kérdést és a közös álláspont kialakítása a feladat, stb.). Ebben az esetben a gyerekek megszokják, megtanulják, hogy egymás munkájában megbízzanak, saját munkájukat is felelősebben végzik, hiszen a munka során nem a külső motiváció (osztályzat) lesz az egyedüli, hanem belép a társakért érzett felelősség, mint az egyik fontos, belső motivációs tényező.

A csoportmunka és a tanári szerep megváltozása

A jól megtervezett csoportmunka igényli a hagyományos tanári szerep megváltozását. Mivel a gyerekek együttműködnek, a feladatmegoldásban általában sokféle forrást használhatnak, megszűnik a tanár a tudás egyedüli forrása lenni. Nem is kell, és nyilvánvaló, hogy nem is lehet mindent egyformán tudni. Viszont pontosan kell ismerni azokat a célokat, amelyeket a munka során a gyerekeknek el kell érniük, ismerni kell a csoportokban zajló munkát, a munkamegosztást, a gyerekek közötti

kapcsolatokat, az egyéni érdeklődéseket. Folyamatosan nyomon kell követni a gyerekek fejlődését, fel kell deríteni a megértést és a tanulást akadályozó legfontosabb problémákat.

A hagyományos pedagógus szerepre az iskola hosszú időn keresztül képezi leendő tanárait. A leendő pedagógusok már diákként megismernek (és gyakran elsajátítanak) olyan módszereket, amelyeket majd maguk is alkalmazni fognak. Az általunk korábban bemutatott feladatok ellátására azonban ma szinte alig tudjuk felkészíteni a leendő pedagógusokat. Feltehető, hogy csak kevesen tanultak olyan szituációban, ahol alkalmuk nyílt volna diákként megtapasztalni, és elsajátítani az előbb vázolt tanári mintákat.

Nem pusztán arról van szó, hogy más módszereket kell megismerni és elsajátítani, hanem arról is, hogy a megtanítás érdekében másképpen kell viszonyulni a diákokhoz. A magas szintű szakmai, módszertani tudáson túl, olyan pedagógiai tudással is kell rendelkezni, mint a gyerekek tudásának, gondolkodási útjainak ismerete. Ehhez nemcsak azt kell tudni, hogy hogyan diagnosztizálható a gyerekek aktuális tudása, hanem szakítani kell a hagyományos tervezési szokásokkal. A megtanítás csak akkor lehet eredményes, ha onnan indul ki, ahonnan azt a gyerekek aktuális tudása éppen lehetővé teszi, és elegendő időt szán az alapvető elméletek megértésére. A pedagógiai munka a tanár számára minden tanulócsoportnál más, a gyerekek aktuális tudásának ismeretéből kiindulva (diagnosztizálás), az egyes témakörök tervezésén és a terv megvalósításán át az újabb tervezési folyamatig vezet. Ennek érdekében olyan feladatai kerülnek előtérbe, és válnak döntővé az eredményesség szempontjából, amelyeket korábban nem tartott a legfontosabbnak. Ahhoz, hogy a gyerekekből a megfelelő csoportokat létre lehessen hozni, szinte napra készen tudni kell, hogy azok hol tartanak a fontosabb elvek megértésében, milyenek az osztályban a társas kapcsolatok, melyek az érdeklődés középpontjában álló kérdések, és így tovább. Az elvégzett diagnózis alapján egyénekre (illetve inkább kisebb csoportokra) kell tervezni a folyamatot. Fel kell vállalni, hogy esetenként az osztályban egészen különböző feladatokon dolgoznak a gyerekek, míg máskor természetesen együtt haladhatnak. Ahogy a pedagógiai munka tervezése egyre fontosabb feladattá válik, egyre inkább a gyerekek továbbhaladási igényétől és lehetőségeitől függ, úgy kerül egyre távolabb a pedagógiai praxistól az „egy óra egy lecke" típusú tankönyv. E folyamattal egyidejűleg természetes módon válik kevéssé problematikussá az értékelés kérdése. Ha a pedagógus tudja, hogy a gyerekek honnan indulnak, látja a tanulásukat zavaró, vagy éppen segítő helyzeteket, sokkal inkább érezheti felelősnek magát azért, hogy ő mit tett annak érdekében, hogy a gyerek továbbhaladjon, egy-egy gyermeki teljesítmény kudarca, vagy sikere a tanárt is önvizsgálatra fogja késztetni. Vagyis a tanulásért nem egyedül a gyerek lesz a felelős, hanem a tanárral együtt viselik a felelősséget!

A differenciálás tartalmi kérdései

Az eredményes fizikatanítás szempontjából a kívánatos differenciálás alapja a gyerekek gondolkodásának, elméletrendszereinek naprakész ismerete. Ennek érdekében az egyes tanítási egységek előtt meg kell ismerni, diagnosztizálni kell a gyermeki tudás aktuális állapotát. Ehhez sokféle lehetőség kínálkozik, írathatunk teszteket, szervezhetünk beszélgetéseket a soron következő témakör alapvető kérdéseiről, vagy a

téma tanulásához elengedhetetlenül fontos ismeretekről. A tanítási egység, (téma) tervezésére, a megfelelő feladatok, problémák, tevékenységek kiválasztására csak ez után kerülhet sor.

A gyerekek gondolkodásának alakulását a tanulási folyamatban is nyomon kell követni, s ha az szükségesnek látszik, módosítani kell a tanítási terven. A megfelelően kiválasztott feladatok csoportmunkában történő megoldása során nemcsak a gyerekek értik meg a tananyagot, de a gyerekek beszélgetéseire, vitáira odafigyelő tanár szinte naprakészen tekinthet be a gyermeki gondolkodás alakulásának lépéseibe is.

A differenciálás a kitűzött céloknak, az adott tanulócsoport aktuális állapotának megfelelően többféle szempont alapján történhet:

- a tudás aktuális állapota szerint,
- az érdeklődés szerint,
- a gyerek tanulási céljai szerint.

A gyerekek tudásának aktuális állapota

Több esetben is hangsúlyoztuk már, hogy a tanulási folyamat sikeressége szempontjából a gyerekek által már birtokolt tudásnak meghatározó a jelentősége. Miképpen jellemezhetjük ezt a tudást? A világról alkotott ismereteink egymással szorosabb, vagy lazább kapcsolatokat alkotnak, vagyis rendszert formálnak. E rendszert tekinthetjük a világról alkotott modellünknek. A tudás milyenségének kérdése valójában nem más, mint e rendszer milyenségének kérdése. Ez a következő jellemzőkkel írható le:

- *A tudás mennyisége.* A gyerekek között jelentős különbségek alakulhatnak ki – akár az oktatás hatására is – az egyes tudásterületek telítettségét, kidolgozottságát, vagyis a tudás mennyiségét illetően. Nagyobb mennyiségű tudás elvileg alkalmasabb további tanulásra, vagy problémamegoldásra, de ez az összefüggés nem automatikus, hiszen a tudás szervezettségének is fontos szerepe van. A további pontok közül néhány ezzel a szervezettséggel kapcsolatos.
- A tudás minőségét jelentős mértékben meghatározza, hogy az elemek között *milyen erősségű kapcsolatok* léteznek. Egy adott tudásterületen belüli elemek közötti kapcsolatok is fontosak, de a nagyobb tudásterületek közöttiek is. A gyerekek között e tekintetben is nagy különbségek alakulhatnak ki.
- A tudás minőségét jellemezi az elemek közötti kapcsolatok *sűrűsége* (száma) is, természetesen ebben is nagy különbségek lehetnek a gyerekek között.
- Részben az előzőekből is következik, hogy a tudás minőségét meghatározza, ezért a gyerekek között szintén jelentős különbségeket teremt az adott tudásterület elérhetősége, adott szituációkban való előhívhatósága. Ez a jellemző függ attól, hogy a tudásterületnek milyen a kapcsolata a hétköznapi szituációkkal, a megoldandó problémákkal összefüggő tudásterületekkel.
- Végül, de nem utolsó sorban a tudás minőségét jelentős mértékben meghatározza annak tartalma. A gyermektudományról szóló fejezetben kifejtettek szerint a gyerekek nagyon különböző modelleket konstruálhatnak magukban egy-egy fizikai tudásrendszerrel összefüggésben.

Csak részben vannak eszközeink mindezeknek a jellemzőknek a mérésére, vizsgálatára. A gyerekek különböző teljesítményeiben komplex módon jelennek meg a különböző tényezők, hatásuk nehezen, vagy egyáltalán nem elhatárolható. Ezért alapvető jelentőségük van az olyan tanulási környezeteknek, amelyek tematikailag és a tanulási lehetőségeket tekintve gazdagok, sokrétűek; automatikusan biztosítanak lehetőségeket a különböző igények kielégítésére (vagyis nem pontos programozásban nyújtunk tevékenységi lehetőségeket az egyes gyerekeknek, hanem tág tere nyílik a választásnak és csoporton belüli különböző feladatvégzésnek).

Mindebből az következik, hogy a tudás minőségét komplex módon meghatározó jellemzők fejlesztéséhez gazdag, sokrétű, elsősorban kooperatív tanulási környezeteket kell biztosítani. Így ugyanis az egyes tanulók teljesen egyéni, sajátos tudásrendszereihez igazodhat az, amit a tanulási folyamatban ténylegesen csinálnak.

Eddig általában beszéltünk a tudásrendszerekről (természetesen közben elsősorban fizikai tudásterületekre gondoltunk). Van azonban egy speciális, de talán a többinél jelentősebbnek nevezhető tudásterületünk, ez a kognitív folyamatokról alkotott tudásunk, vagyis a metakogníciónk. A gondolkodásról, problémamegoldásról, tanulásról, kommunikációról alkotott, és megismerési folyamataikat jelentősen befolyásoló tudásunkról van szó. Természetesen ezen a területen is nagy különbségek alakulhatnak ki a gyerekek között.

A metakognitív tudás fejlődése és részben ebből következően a fizikatanítás sikere szempontjából alapvető a tanulás kezdeti szakasza. Ezt a szakaszt úgy kell megtervezni, hogy a fizikatanítás legfontosabb fejezeteivel kapcsolatos gyermeki elképzelések megfogalmazódhassanak, és megindulhassanak azok a konstrukciós folyamatok, amelyek eredményeképpen a gyermektudomány egyes elemei átalakulnak, és megkezdődik a tudományos elméletek alapjainak kialakulása. E folyamatnak nemcsak az lesz az eredménye, hogy a tanulók helyesen fogják értelmezni és magyarázni a fizikai jelenségeket, de az is, hogy olyan *tanulási stratégiát* alakítanak ki, amelynek segítségével később is képesek lesznek új ismeretek feldolgozására, jelenségek értelmezésére. Megkockáztatjuk azt a kijelentést, hogy ez utóbbi tudásuk talán mindennél fontosabb.

Melyek szerintünk a fizikatanítás szempontjából fontos tanulási stratégia elemei? Fontos, hogy a diákok bátran vállalják saját véleményüket, érveljenek mellette. Legalább ilyen fontos, hogy ugyanakkor képesek legyenek a másik véleményének tiszteletben tartására, és más érvelése alapján az övéktől esetenként különböző gondolati rendszer megkonstruálására. A tanulás során érezzék át, hogy a megértés, a problémák megoldása érdekében hasznos a gondolati rendszerek megalkotása. Az eredményes tanulás érdekében értsék meg, hogy a különböző elméleteik minél pontosabb megfogalmazása fontos, törekedjenek elképzeléseik lehető legpontosabb megfogalmazására, a belső összefüggések feltárására. Gondolkodjanak logikusan, törekedjenek arra, hogy egy gondolati rendszeren belül minél pontosabban, és tisztábban érveljenek. Az empíria szolgáltatta információkat kezeljék tisztelettel, ugyanakkor legyenek tudatában annak is, hogy más gondolkodási rendszerek ugyanarra a tényre más-más magyarázatot is adhatnak, s a gondolkodási rendszerek lényeges különbsége magát az észlelést is megváltoztathatja. Legyenek kritikusak a maguk és a mások elképzeléseivel, állításaival szemben, és ugyanakkor nyitottak az újszerű

ismeretek befogadására. Váljon világossá számukra, hogy a fizika tudása nem azonos ismeretek egy kiválasztott csokrának visszaadásával, típusfeladatok megoldására alkalmazható algoritmusok ismeretével, vagy bizonyos kísérletek ismételt elvégzésével. Értsék meg, hogy a fizika tudása a társadalmi létben realizálódik, akár professzionális, akár laikus alkalmazókká válnak majd. Az iskolai fizikatanulásnak hozzá kell járulnia ahhoz, hogy a diákokban kialakuljon az az elképzelés, hogy a világ fizikai törvényszerűségei nagy konceptuális rendszerekbe rendezhetők, és ezeket használjuk az életünk során. Azt is át kell érezniük, hogy mennyire fontosak a társas tanulási helyzetek, hogy az ilyen szituációkban kialakuló kapcsolatok és lehetőségek mindenki számára előnyökkel szolgálnak.

Ha a különböző gyermeki elképzelések már felszínre kerültek, akkor tervezhető a tanítás következő szakasza. Az elsajátítási folyamat eredményessége szempontjából olyan tanulási környezetet kell biztosítanunk, amely a legtöbb gyerek számára optimálisan biztosítja az egyéni konstrukciók kívánt alakulását. Azért van különösen nagy szerepe a tanulás kezdeti szakaszában, a heterogén csoportokban zajló munkának, mert jó lehetőséget biztosít a belső képek megfogalmazására, az elméletek ütközésére, és így hatékonyan segíti elő az egyéni tanulási folyamatokat. A kisebb csoportokban könnyebben birkóznak meg a gyerekek a kommunikációs problémákkal, gyorsabban begyakorolják a szaknyelv használatát, és elvileg minden gyerek számára lehetővé válik a tényleges megértés és a megtanulás.

A gyermeki érdeklődés és a differenciálás

A tanítás-tanulási folyamat eredményessége szempontjából nem elhanyagolható az a kérdés, hogy a résztvevő gyerekeket érdeklik-e a tanítandó tartalmak, valamint ezek megközelítésének, feldolgozásának módja. Fontosnak tartjuk, hogy a tanítási folyamatot, vagy annak bizonyos részeit több lehetséges érdeklődési terület felől közelítsék meg a gyerekek, akár egy adott osztályon belül is. Ehhez természetesen ismerni kell a gyerekek érdeklődési területeit, jó, ha tanári gyakorlatunk során felhalmozunk olyan ötleteket, megoldásokat, eljárásokat, amelyek segítségével a tananyagot a gyerkeket foglalkoztató kérdéseken keresztül tudjuk feldolgozni. Ez nem jelent feltétlenül a feldolgozás szintjében való különbözőséget, de mindenképpen más elérési utakat jelöl ki a gyerekcsoportok számára. Nézzük meg az elképzelés lényegét konkrét példán keresztül.

A fizika egyik hagyományos fejezete az egyszerű gépek. Ez a rész a fizika iránt egyébként érdeklődő gyerekek számára feldolgozható a hagyományos úton. A történelem iránt érdeklődő gyerekek feldolgozhatják a témát úgy, hogy az egyes történelmi korokban milyen egyszerű gépeket használtak, ezek hogyan könnyítették meg (vagy tették lehetővé) a munkavégzést. Az ügyesen barkácsoló gyerekek elkészíthetik az egyes típusok modelljét, és ezen keresztül ismerkedhetnek a működéssel.

Egy másik példa az energetika témaköre. A fizika iránt érdeklődők haladhatnak a hagyományos feldolgozási úton. A társadalmi-környezeti problémák iránt érdeklődő gyerekek számára az energia fogalmát többek között az energetika ipar gazdasági-környezeti problémái felől közelíthetjük meg. Elemezhetnek olyan kérdéseket, mint a különböző erőművek okozta környezeti problémák, az erőműveket kiszolgáló bányák környezetkárosító, vagy munkahelyteremtő hatásai. Megvizsgálhatják, hogy milyen ráfordítással oldható meg a különböző energiahordozókkal működő erőművek környezetkímélő üzemeltetése. Elemezhetik, hogy egy-egy területen hosszú- és rövidtávon vajon ugyannak az energiahordozónak a felhasználása gazdaságos-e. A történelmi érdeklődésű gyerekek számára olyan tanulási helyzetet kínálhatunk, amelyben a különböző történelmi korok energia-felhasználásának vizsgálata dominál. A tárgyi emlékek, technikai eszközök leírása alapján elemezhetik, hogy a különböző történelmi korokban milyen volt az energiahordozók felhasználásának hatásfoka, megvizsgálhatják, hogy az energiahordozók kitermelése milyen környezeti károkat okozott

a különböző korokban. Kereshetnek és elemezhetnek olyan energiafelhasználási lehetőségeket, amelyek semmilyen környezeti kárt nem okoztak.

Természetesen még további elképzelések is lehetségesek. Bizonyára vannak a gyerekek között olyanok, akiket érdekelnek a közlekedési eszközök, az autók, az állatok, a hangszerek, az elektronika, a háztartás vezetés kérdései, vannak olyanok, akik szívesen barkácsolnak, lehetnek diákjaink között megszállottan olvasók, a mozi rajongói is. Ezeket az érdeklődéseket mind felhasználhatjuk arra, hogy diákjainkhoz közelebb vigyük a fizikai ismereteket.

Az ilyen tanítási módnak nemcsak az lehet az előnye, hogy a gyerekek az érdeklődésükhöz közelálló területen keresztül könnyebben közelítenek meg egyébként nehéz kérdéseket, hanem az is velejárója lehet, hogy a feldolgozás az egész osztály számára sokkal gazdagabb, és színesebb képet közvetít, mint a hagyományos út. Természetesen a tanításnak ez a módja, vagyis a gyerekek érdeklődése szerinti differenciálás is magával hozza a hagyományos óraszervezési és óravezetési módok megváltozását, és átalakítja a tanári szerepet. Ilyen típusú differenciáláshoz elengedhetetlenül szükséges a taneszközök területén ma még szegényes választék bővítése.

A gyerekek érdeklődésére építő differenciálás gyakorlati megvalósítása során is alapvető jelentősége van a csoportmunkának. Részben azzal, hogy az egyes csoportokban lévő gyerekek közös érdeklődési körének megfelelő feladatokat adunk számukra, részben azzal, hogy bármilyen csoportmunka során az egyes csoporttagok által vállalt feladatok illeszkedhetnek érdeklődési területeikhez, a csoportmunka gazdag lehetőséget kínál az érdeklődés szerinti differenciálásra. E tekintetben a csoportok összeállításának folyamata már eltérhet némileg a pedagógia által elsősorban ajánlott módtól, s a csoportok összetételének kialakulásában döntő szerepet kaphat az érdeklődés.

Az érdeklődés szerinti differenciálás szempontjából fontos szerepet kaphatnak a gyerekek választásai. Egy-egy téma tanulására legyenek alternatív feladataink, feladatsoraink, hogy akár differenicált egyéni munka keretében tanulóink érdeklődésüknek megfelelően választhassanak közülük.

Az érdeklődés szerinti differenciálás mellett jelentős szerepet kell kapnia az érdeklődés fejlesztésének is. Fizikával még épphogy csak ismerkedő gyekek esetében szükség lehet az érdeklődés csíráinak tanár általi felismerésére és erősítésére. Figyelni kell a legapróbb megnyilvánulásokra is. A tanítás során új lehetőségeket kell felkínálnunk érdeklődési területek kialakítására. Léteznek kifejezetten erre a feladatra kidolgozott tesztek, ilyenek alkalmazásával is felmérhetők a gyerekek érdeklődési területei, s a felmérés eredményeit utána használhatjuk a fizika tanításában.

A gyermek tanulási céljai és a differenciálás

Az iskolázás során a gyermek érdeklődése, ismeretei, a családi hagyományok, a társadalmi környezet, és még számos más tényező bonyolult hatásai következtében végül is kialakul a pályakép. A pályaválasztás környékén szükségessé válhat a maitól teljesen különböző, más tartalmú fizikaoktatás, olyan, amely jól illeszkedik a diákok által kitűzött életpályához. Természetesen, aki olyan pályát választ, amely

elméletigényes fizikatanulást igényel, annak minél magasabb szinten kell ezt megkapnia. Ez a mai iskolai körülmények között jó színvonalon kielégíthető.

Az a kérdés, hogy kell-e, és ha igen, akkor mit kell egy leendő ügyvédnek, háziasszonynak vagy vállalkozónak tudnia a fizikai ismeretekből, szinte alig hallható. Ma lényegében ugyanannak a tantervnek egy "legyengített" változatát tanulják, amelyet a leendő fizika tanárok, mérnökök, orvosok. Abból a szempontból, hogy az iskolapadból kikerülő egykori diákokból majdan felelős felnőttként döntéseket hozó állampolgárok váljanak, egyáltalán nem érdektelen, hogy milyen a viszonyuk a természettudományokhoz, s ezek között a fizikához.

Fontos lenne azok számára, akik nem elméletigényes, természettudományokat igénylő pályára kívánnak lépni, a pályaválasztást megelőző rövidebb egy-két éves időszakban, olyan programokat kidolgozni és tanítani, amelyek a választott életpályát támogatva segítenek a felnőttkori döntések meghozatalában. Érdekes és hasznos lehet például "Fizika a háztartásban, a hétköznapokban" című program azok számára, akik az iskola elvégzése után a humán szolgáltatásban dolgoznak majd. Érdeklődésre tarthat számot a humán értelmiségi pályát választók körében a "Fenntartható környezet, egészséges élet" problémáival foglalkozó kurzus. Izgalmas és tanulságos egy történelem iránt érdeklődő, például jogi pályát választó diák számára egy tudománytörténeti szemléletű program. Természetesen nem vállalkozhatunk arra, hogy az összes kínálkozó lehetőséget felsoroljuk, pusztán a problémára szerettük volna a figyelmet ráirányítani és néhány lehetőséget kívántunk felvillantani egy elképzelt palettáról.

Az egyéni célok szerinti differenciáltság is többféle módon érvényesíthető a fizikatanítás szervezési módjainak és módszereinek megválasztása során. A kiscsoportokban végzett, illetve a differenciált egyéni munkák során is érvényesíthetők a gyerekek egyéni céljai az ezeknek megfelelő feladatok nyújtásával. A fizika tanításásnak olyan elkülönült szakaszait tervezhetjük meg, amelyekben a tanulók eltérő témákkal fogalakoznak differenciáltan, céljaiknak megfelelően. Szakköri munka során könnyen érvényesíthetjük a gyerekek egyéni igényeit. Az iskolában működhet olyan pályaorientációs program, amelyben szerepet kaphat a fizikatanítás is. Egymástól lényegesen különböző tanulói célok esetén az is elképzelhető, hogy egy osztályon belül, vagy egy évfolyamon megszervezett csoportokban más-más tanterv szerint tanítjuk a gyerekeket.

8.3. Szervezési módok és módszerek

A konstruktivista pedagógiában a módszer kiválasztásának alapvető szempontja az, hogy minél eredményesebben segítse a diákok egyéni konstrukciós folyamatait. Azért kell a tanárnak a lehető legtöbb módszert ismernie és jó színvonalon alkalmazni tudnia, hogy a legkülönbözőbb helyzetekben is képes legyen megtalálni a legcélravezetőbb eljárást (Falus, 1998).

A kialakult tanítási módszereket természetesen bárki alkalmazhatja, függetlenül attól, hogy milyen pedagógiai paradigmát vall magáénak. Azt is gondolhatnánk, hogy nincs új a nap alatt, nincs olyan módszer, amelyet a konstruktivista pedagógia alkotott volna meg, nem is történik semmi eddigiektől eltérő az ilyen szemléletű tanítás során. A megállapítás egyik része igaz, valóban olyan módszereket alkalmazunk a konstruktivista

szemléletű tanításban, amelyeket bármily más pedagógiai gondolkodásmód keretei között is alkalmazni lehet. Minden pedagógiai paradigma egyfelől a maga képére formálja a módszereket, noha esetleg ugyanúgy vitának, kísérletezésnek, vagy feladatmegoldásnak nevezi ezeket. Másfelől a különféle paradigmák prioritásokat jelölnek ki a módszerek között. Lehet előzetes tudást, gyermeki gondolkodást vizsgálni akkor is, ha valaki nem a konstruktivista pedagógiai paradigmát vallja magáénak, de csak ebből a pedagógiai gondolkodásmódból következik, hogy e nélkül nem lehet egy-egy új téma tanításába belefogni.

A különböző tanítási módszerek alkalmazása során nem az egyes eljárások elsajátítása okozza a legnagyobb problémát, hanem annak a paradigmának a megértése, és elfogadása, amely bizonyos módszerek sajátos alkalmazását szükségessé teszi. Ha a tanár egyértelműen kiáll egy pedagógiai paradigma, hitvallás mellett, akkor egyben a módszerek alkalmazásának e gondolkodásmód keretei közötti sajátosságait is vállalja.

A következőkben áttekintjük az általunk leghatékonyabbaknak tartott módszerek körét. Minden esetben bemutatunk példát is arra, hogy a fizika tanítása során milyen feladatok megoldásában lehet különösen hasznos egyik vagy másik módszer.

8.3.1. Frontális munkaformák, módszerek

A frontális szervezési mód alkalmazása során a tanulók ugyanolyan tevékenységet végeznek ugyanannyi idő alatt, ugyanolyan munkaszervezési körülmények között, és ugyanazon követelményeknek kell megfelelniük. Az e szervezési mód keretében alkalmazott módszerek esetén a leggyakoribb a tanár egyoldalú kommunikációja, bár előfordulnak olyan esetek is, amelyekben a gyerekek is aktívak lehetnek, de ezekben az esetekben – kivéve a frontális egyéni munkát – az osztályban egyszerre mindig csak egy gyerek. A frontális munka nem alkalmas differenciálásra, hiszen keretei között képtelenség a gyerekek egyéniségéhez igazodni. Éppen ezért alkalmazásának alapvető feltétele, hogy a gyerekek az elsajátítás szempontjából közel azonos előfeltételekkel rendelkezzenek. Mivel ez nagyon sok esetben nem adott automatikusan, a frontális munka gyakori, kritikátlan, az előfeltételek figyelembe vétele nélküli alkalmazása pedagógiai hiba. Vigyázat, nem általában hiba a frontális munka alkalmazása, csak azokban az esetekben, amelyekben a mondott előfeltétel nem teljesül! Ekkor ugyanis a gyerekek közötti különbségek inkább nőnek, sem mint csökkennének. Tekintsük át a frontális munka keretében használható módszereket!

Előadás, magyarázat

Az előadás és a tanári magyarázat a pedagógusi munka egyik legrégebben ismert és széles körben alkalmazott formája. A konstruktivista pedagógia sem zárja ki alkalmazásukat.

A magyarázat módszerét minden tanár gyakran alkalmazza, nem biztos, hogy minden esetben jó a módszer kiválasztása. Gondoljuk csak végig, hogy mi történik e módszerek alkalmazása során a diákokban. Természetesen abból indulunk ki, hogy a tanári magyarázat szakmailag korrekt, szabatosan fogalmazott, a gyerekek pedig figyelnek. Az eredmény mégis az, hogy a gyerekek többnyire különbözőképen

értelmezik a tanári magyarázatot, vannak, akik úgy, ahogyan azt a tanár szeretné, de bizony olyanok is akadnak, akikben nem a megfelelő értelmezések születnek.

A konstruktivista szemléletű magyarázat erre a jelenségre az, hogy azok a gyerekek, akiknek elméletei nem felelnek meg a tanár által feltételezett elméleti háttérnek, képtelenek a mégoly szakszerű magyarázatot megfelelően értelmezni, így az ő eredményeik a következő órákon valószínűleg gyengék lesznek. Ha vannak olyan tanulók, akik gyakran kerülnek ebbe a csoportba, akkor őket akár véglegesen el is veszíthetjük a fizika érdemi megtanulása szempontjából. Számukra nem marad más megoldás, mint a tananyag bemagolása, és az algoritmusok alkalmazásával könnyen megoldható feladatok gyakorlása. Az ebbe a csoportba tartozó gyerekek nem lesznek képesek a tanult ismeretek alkalmazására, s az iskolai hatások elmúlásával, a kemény munkával kiépített, ténylegesen azonban soha meg nem értett ismeret-elemek egyre halványulnak, majd véglegesen eltűnnek.

A konstruktivista szemléletű tanításban a tanári előadás fontos, és általában mással nem helyettesíthető akkor, amikor egy tanuló közösségben megfelelő előkészítés után elérkezett az idő egy új paradigma megkonstruálására. Ilyenkor többnyire a tanár feladata az új elmélet bevezetésének indoklása és megfogalmazása is. Ha a tanári magyarázat, vagy előadás olyankor hangzik el, amikor a gyerekek többsége már nem elégedett a korábbi elképzelésein alapuló értelmezésekkel, akkor a magyarázat jól hasznosul. A gyerekek többsége képes megfelelően értelmezni a tanár által elmondottakat, s így lényegesen jobb az esély arra, hogy a tanulás tartós marad.

Tanári magyarázat módszerével célravezető megismertetni a gyerekeket az anyag golyómodelljével. Ez a viszonylag egyszerű és szemléletes modell a tanári magyarázat során értelmezést kap, és a tanulás következő szakaszában a diákok jól megválasztott, érdekes jelenségek magyarázatára alkalmazhatják a modellt. Így az anyag részecskékből való felépítettségének képe a kisdiákokban kialakulhat, illetve ha már birtokolták ezt az elképzelést, akkor megerősödik.

Kiselőadás

A kiselőadást tarthatja egy, vagy két-három diák is. A kiselőadások témájának kiválasztásánál célszerű tekintettel lenni a gyerekek érdeklődésére, hiszen olyan témában várható beszámoló, amellyel a diákok szívesen foglalkoznak.

A diákok által megtartott kiselőadást a tanárnak mindig elő kell készítenie, segítenie kell a diákot abban, hogyan rendszerezze mondanivalóját, hogyan teheti érdekessé, követhetővé mondanivalóját a többiek számára. Miután a kiselőadás viszonylag zárt egység, a téma megválasztása, az előadás érthetősége, és a kivitelezés színvonala egyaránt figyelembe veendő. Konkrét esetekben szerepe fontos lehet, mert lehetőséget nyújt a gyerekek számára egy közösség előtti szereplés kipróbálásához, valamint a felkészülés során olyan gondolkodási folyamatokat indukál, amelyek végül is a tananyag megértéséhez vezetnek. Ha ugyanis érthetően akarom elmondani a kiselőadást, akkor nekem is meg kell a tartalmát értenem! A kiselőadás értékelésénél a legjobb értékelő maga az osztály: értik, vagy nem, érdekes-e vagy nem - azonnal látszik, és maga az előadó is érzékeli. Nem elhanyagolható szempont a kiselőadások szervezésénél, hogy témájukkal gazdagodik a tananyag feldolgozása.

Fontos, hogy a kiselőadás időtartama ne legyen túl hosszú. Az időtartamot előre közölni kell a vállalkozókkal, és a felkészítésnél ügyelni kell arra, hogy azt be is tudják tartani. Ha egy tanulócsoport munkáját alaposan átgondoljuk, lehetővé válik, hogy egy tanév során minden gyerek kapjon lehetőséget rövidebb kiselőadás tartására. A témák

kiválasztásánál támaszkodhatunk a gyerekek érdeklődésére, de választhatunk témaként fizikatörténeti eseményeket, híres tudósok, fizikusok munkásságának bemutatását, bármit, amivel a gyerekek sikeresen birkózhatnak meg, és ami hozzájárul a megértéshez.

Biológiai témák iránt érdeklődő diákot kérhetünk meg kiselőadásra a mozgások témakörében, feladata lehet az élővilágban előforduló legnagyobb és legkisebb sebességek és más érdekességek bemutatása.

Ugyanebben a témakörben készülhet kiselőadás a személygépkocsik maximális sebessége alakulásáról, olyan diákoktól, akiket a téma amúgy is foglalkoztat.

A sport iránt érdeklődő diákok készíthetnek beszámolót, kiselőadást, ezekhez szemléltető grafikonokat a különböző atlétikai számok világcsúcsai alakulásáról, vagy összehasonlíthatják a szárazföldön és a vízen elért rekordokat.

Kiselőadás keretében számolnak be a diákok a csoportmunkában megoldott feladatokról is. A fenti szervezési feladatokon kívül ügyelnünk kell arra, hogy a gyerekek számára világosan megfogalmazzuk, milyen teljesítményt várunk el tőlük, ehhez milyen segítséget vehetnek igénybe, mi hogyan segítjük a munkájukat, mennyi idejük van a beszámoló megtartására.

Beszélgetés, megbeszélés

Ez a munkaforma több szituációban is jelentős. Különösen fontos akkor, amikor a témakörök bevezető órájaként, azt szeretnénk elérni, hogy a gyerekek megfogalmazzák a témával kapcsolatos előzetes ismereteiket, vagy akkor, amikor a paradigmaváltások megelőző szakaszában el kell érnünk, hogy a gyerekek megfogalmazzák saját elméleteiket. Egy előzetes tudás elemzésével kapcsolatos beszélgetéskor kiindulhatunk egy alkalmasan megválasztott feladatra adott válaszokból. Például 12 éves gyerekeknél, a fizikatanítás kezdetén feltesszük azt a kérdést, hogy mennyi lesz abban a pohárban a víz hőmérséklete, amelyikben azonos mennyiségű 30°C és 60°C-os vizet öntünk össze. Erre a kérdésre adott írásbeli válaszok alapján elemezhetjük, hogy a gyerekek hogyan gondolkodnak a hőmérsékletről, elvált-e már gondolkodásukban a hőmérséklet fogalom az energia fogalmától, vagy a két fogalmat még azonosnak tekintik. A válaszok megbeszélése, elemzése során a gyerekek többsége hozzásegíthető a hőmérséklet- és az energia-fogalom pontosabb értelmezésének kialakításához.

A legtöbbször a csoportmunkát is megbeszélés előzi meg, amely során lényegében frontális keretek között alakulnak ki a következő időszakban csoportokban végzendő munka részletei. Ennek az előkészítő szakasznak vannak előadás, vagy magyarázat jellegű részei is, az eredményes munka szempontjából azonban a megbeszélés jelleg a domináns.

Kérdve-kifejtés

Ezt a munkaformát minden tanár alkalmazta eddig is. A konstruktivista pedagógiában is szerepet kap, azonban az alkalmazási szituációt alaposan meg kell fontolni. Tradicionálisan az új tananyag feldolgozása, vagy a tananyaghoz kapcsolódó problémák megoldása során úgy haladt előre a tanár, hogy az általa feltett kérdésekre érkező helyes válaszok megerősítésével, lényegében a gyerekekkel "mondatta el" a tananyagot. Ez a munkaforma szinte minden osztályban alkalmazható, hiszen majdnem mindenütt vannak a tantárgy iránt érdeklődő, és az új tananyagot már ismerő, vagy annak megfogalmazásától csak minimális távolságra álló diákok. Így az lehet a benyomásunk, hogy a tanítandó tananyag a tanulócsoport számára már ismert, megértett

dolgokat tartalmaz. A legtöbb esetben azonban ez csak a felszín, hiszen a gyerekek egyre nagyobb számban nem tudnak bekapcsolódni az órákon folyó tevékenységbe, így ez a fajta tananyag feldolgozás csak a tanár, és a fizikához közel álló néhány diák belső ügyévé válik. A kérdve-kifejtés módszere alkalmazásának másik csapdája lehet a felfedeztetés. A tanár céltudatosan kérdez, a gyerekek válaszolnak, s a külső szemlélőnek könnyen az az érzése támad, hogy lám-lám, a diákok felfedezték azt, hogy az anyag részecskékből áll, vagy rájöttek arra, hogy a bolygók milyen pályán mozognak. Minden tanár elismeri azonban, hogy ilyen "felfedezéseket" nem minden osztályban lehet tenni. Vannak a "jobbak", ők képesek az újat felfedezni, egy-egy kísérlet alapján elméleteket megfogalmazni, és vannak a "gyengébb" osztályok, itt mindig a tanárnak kell megfogalmaznia az új elmélet lényegét.

Mi is a helyzet valójában? A konstruktivista pedagógiai elképzelések szerint csak akkor tudnak a gyerekek "új", vagy még inkább újnak látszó elméletet megfogalmazni, ha gondolkodási rendszerük már megérett annak feldolgozására. Ilyen esetben gyakran már több rivális elképzelés elemeit is ismerik, esetenként alkalmazzák is ezeket különböző problémák megoldása során. Ha a tanári kérdések olyan osztályban hangzanak el, ahol a gyerekekben már kialakult a fogalmi váltáshoz szükséges helyzet, akkor a kérdve-kifejtés módszere, vagy az előbbi értelemben vett felfedeztető módszer eredményes lehet. Ezek az osztályok lesznek a "jók", míg azok az osztályok, ahol az iskolai tanításon kívüli feltételek nem alakították még ki a fogalmi váltáshoz szükséges feltételeket, gyengéknek minősülnek.

A konstruktivista pedagógia felhívja a figyelmet erre a csapdára, hiszen egyik alapvető kiindulási pontja az, hogy a gyerekek ismeretrendszerei nagyon különbözőek. Olyankor érdemes így dolgozni, amikor meggyőződtünk arról, hogy a gyerekek többsége bizonyos problémák megoldása során már jól alkalmazza a tanult új modellt. Ilyenkor a tanár által feltett, célra irányuló kérdésekre adott válaszokat az osztály nagyobbik része követi, és hozzájárulhatunk ahhoz, hogy a diákokban az elmélet erősödjön, vagy a paradigmaváltás megtörténjen. Akkor is élhetünk ezzel a módszerrel, ha egy beszélgetés során az a célunk, hogy elmondassuk a gyerekekkel belső képeiket, segítsünk nekik elméleteik megfogalmazásában. A kérdve kifejtés módszere talán itt, a konstruktivista pedagógia számára alapvető területen a legjelentősebb, hiszen a tanár itt nem válogat a "jó" és a "rossz" válaszok között, hanem kérdéseivel a gyereket segíti abban, hogy a további tanulás szempontjából fontos elmélet rendszerének elemeit megfogalmazza.

Frontális egyéni munka

Frontális egyéni munkán azt értjük, amikor lényegében ugyanazt a feladatot kapják a gyerekek a tanítási órán, de a feladatot egyénileg kell megoldaniuk. Alkalmazása olyan esetben célszerű, amikor a gyerekekkel bizonyos konkrét, már korábban megértett ismereteket, összefüggéseket akarunk begyakoroltatni, de még ennek a folyamatnak a legelején vagyunk. Ilyenkor a munkaforma lehetővé teszi a gyerekek és a tanár számára a gyors és hatékony ellenőrzést, és így lehetőséget ad a tanárnak, hogy segítséget adjon azoknak a gyerekeknek, akiknek erre a leginkább szükségük van, illetve kiderülhet, hogy kik azok, akik a továbbhaladás szempontjából alapvető összefüggéseket nem értették meg. Így a következő tanítási szakaszban mód van arra, hogy amíg a többiek

már egyénileg, illetve csoportokban dolgozzák fel a tananyagot, addig ezekkel a gyerekekkel (ha vannak ilyenek) visszatérjünk az alapokhoz.

Vita

Vita legtöbbször valamilyen összetettebb probléma megoldása során alakul ki, ahol egymástól világosan elkülöníthető megoldási utak körvonalazódnak. Vitára kerülhet sor akkor is, amikor olyan kérdésekben kell dönteni, amelyek mögött különböző érdekek húzódnak meg, vagy akkor is, amikor egy probléma megoldása során különböző elvek ütköznek össze.

Vita kerekedhet egy családban arról, hogy érdemes-e néhány százezer forinttal többet kiadni egy olyan nagy gyorsulással indulni képes autóért, amelynek tulajdonságait az autót vezetők vezetési stílusából következően nem nagyon használnák ki.

Vitára adhat okot például egy település környezetében tervezett létesítmény, amely munkahelyeket teremt, de ugyanakkor egyfajta környezeti veszélyforrást is jelent a település lakói számára.

Vita alakulhat ki arról, hogy érdemes-e a drágább, de tartósabb elemet megvásárolni, vagy inkább a valamivel gyengébb minőségű, de jóval olcsóbb változat mellett döntsünk.

A fizika tanítása során is adódnak ilyen helyzetek, természetesen egy-egy tanulócsoport összetételétől, a gyerekek érdeklődésétől függően a legkülönbözőbb kérdések kerülhetnek a vita középpontjába. Alkalmazásakor fontos, hogy a probléma a diákokat érdekelje, hozzájuk közel álljon.

Vita természetesen egy fizikai feladat, vagy probléma megoldása körül is kialakulhat, és nagy a szerepe abban, hogy segítse a gyerekek megértési folyamatait.

Szervezhetünk vitát "tisztán" fizikai kérdésekről. Érdekes és tanulságos lehet például a tudomány történetének egy korábbi szakaszában ténylegesen lejátszódó vita szimulálása. Például feleleveníthetjük Tesla és Edison vitáját, szakmai párbeszédét arról, hogy vajon az egyen-, vagy a váltakozó áram alkalmasabb-e a gyakorlatban való felhasználásra. Egy ilyen vitára való felkészülés során a vitázó feleknek nemcsak a saját álláspontjuk képviseletére kell alaposan felkészülniük, hanem az ellenfél érveit is meg kell érteniük! Természetesen az eredményes munkát alapos felkészüléssel kell kezdeni, s az előbb példaként említett témájú vita során világosan kiderül, hogy megértették-e a diákok az egyen- illetve a váltakozó áram legfontosabb jellegzetességeit.

Kirándulás

A kirándulás, múzeumlátogatás, tanulmányi séta a megfelelő témaválasztással és előkészítéssel közelebb hozhatja a tanítandó ismereteket a gyakorlathoz, lehetőséget nyújthat ahhoz, hogy az iskolai szituáción kívül is alkalmazzuk a tanultakat. A fizika tanítása során természetesen adódó lehetőségek a tananyaggal kapcsolatos tematikus múzeumok és kiállítások, mint például a Paksi Atomerőmű Látogató Központjába szervezett látogatás, vagy a Budapesten található Elektrotechnikai Múzeum foglalkozásán való részvétel.

Az Elektrotechnikai Múzeumba (Bp. VII. Kazinczy u.) látogató osztályból alkotott csoportoknak különböző feladatokat adhatunk. Feladat lehet például a XIX. században élt magyar és külföldi tudósok által tett felfedezések megismerése és feldolgozása, az akkori eszközök mai megfelelőjének ismertetésével összekötve.

A fizika tanítása során is hasznos lehet a gyerekek lakókörnyezete által kínált lehetőségek hasznosítása. Egy-egy helytörténeti kiállítás szerszámait megvizsgálhatjuk, elemezhetjük a fizika szempontjából. Érdekes lehet a település energiarendszerével, az

energiagazdálkodás helyi problémáival való ismerkedés is. A Fizikai Szemle 2000/12 számában részletesen bemutatja azokat az ország különböző helyiségeiben található emlékhelyeket, kiállításokat, ipartörténeti érdekességeket, amelyek a fizika tanításában felhasználhatók.

Meghívott előadó

Ez a módszer is színesítheti a tanítási programot. Alkalmazásakor tekintettel kell lennünk arra, hogy az előadó a tanulásnak olyan szakaszában érkezzen az iskolába, amikor mondanivalóját a gyerekek fel tudják dolgozni, megértik. E módszer alkalmazásakor azt is meg kell gondolnunk, hogy az előadó ismeri-e az osztályt, érzékeli-e a hallgatóság körében kialakuló érdeklődést. Célszerű a gyerekeket és az előadót is segíteni az előzetes felkészülés során. A gyerekekkel mindenképpen meg kell beszélni, hogy ki tart előadást, miért hívjuk meg. Érdemes előzetesen kérdéseket is gyűjteni, hiszen ez az előadót is orientálja, segíti a felkészülésben. Az előadás megszervezésekor tekintetbe kell vennünk, hogy mennyi idő áll a rendelkezésünkre, és úgy kell terveznünk, hogy a felmerülő kérdéseket meg is lehessen beszélni. Meghívott előadó lehet egy szülő, gazdasági szakember, mérnök, bárki, akinek az adott szituációban a gyerekek számára a tanulást segítő mondanivalója van.

Fórum módszer

Ezt a módszert előszeretettel alkalmazzák a közéletben is, így feltehetőleg sokan ismerik, az iskolai tanításban is eredményesen használható. A módszer lényege, hogy meghívott, az adott témában szakértő vendégekhez intézhetők egy probléma megoldásával kapcsolatos kérdések. A fórum megszervezésekor nemcsak azt kell megfontolnunk, hogy kik lesznek a meghívott vendégek, de az is fontos, hogy a gyerekek felkészüljenek a kérdezésre. Legyenek tisztában azzal a helyzettel, amelyhez kapcsolódó megoldási lehetőségekkel a rendezvény foglalkozik.

Fórumot általában akkor érdemes rendezni, amikor összetett, többnyire társadalmi vonatkozású kérdésekhez kapcsolódó, fizikai ismereteket is érintő téma kerül napirendre.

Az iskola épülete, és a közvetlen környék átépítése, korszerűsítése napirenden van. Az épület szigetelése, fűtése cserére szorul, a közlekedési eszközök útvonalát is módosítani fogják. A diákok úgy vélik, hogy a sok kiadás miatt az iskola épületének korszerűsítésében a legolcsóbb megoldást fogják választani, ami azonban jelentősen meg fogja növelni az épület fenntartási költségeit. A városi önkormányzat illetékeseit egy lakossági fórumra hívják meg, ahol a diákok, a tanárok és a szülők is résztvevők lesznek.

Szervezhetünk fórumot elképzelt helyzetre, ilyenkor arra kell törekedni, hogy a szimulált szituáció minél valóságközelibb legyen. Ilyenkor a meghívott vendégek, a szakértők szerepére vállalkozhatnak diákok is. A rendezvény sikere a meghívott vendégeken, a kérdező "közönségen", és a beszélgetést vezető személyén egyaránt múlik.

Ötletroham

Az ötletroham módszerét (*brain-storming*-ként is ismert az angol elnevezésből) olyan esetekben érdemes alkalmazni, amikor a döntések alapját jelentő alternatívákat szeretnénk összegyűjteni (Pearson, 1988).

Az ötletroham során a gyerekek ötleteket vetnek fel az adott kérdéssel kapcsolatban. A módszer alkalmazásával kapcsolatos tapasztalat az, hogy a legtöbb esetben a módszer sajátos körülményei meghozzák a gyümölcsüket, a felmerülő ötletek egyre közelebb visznek a helyes megoldáshoz.

Az ötletroham szabályait sokféleképpen meg lehet határozni. Általában akkor jutunk a leghamarabb kielégítő eredményhez, ha elfogadjuk azt a szabályt, hogy soha nem szabad kritizálni a másik résztvevő által felvetett ötletet. Szabad pozitívan viszonyulni hozzá, szabad, sőt ajánlatos továbbfejleszteni a mások által felvetett gondolatokat, de nem sorolhatók fel kifogások, nem sorolhatók a megvalósítás akadályai. Általában meggyorsítja az ötletek összegyűjtését az, ha kikötjük, hogy az ötleteket egy előre meghatározott sorrend szerint kell mondaniuk a résztvevőknek, a lehető legrövidebb formában, s hogy nem szabad kifejteni az ötleteket. Az ötletrohamon elhangzott ötleteket le kell írni, célszerű, ha legalább ketten jegyeznek.

Az ötletroham “lecsengése" után jöhet a feldolgozás, amelyben ki lehet szűrni a teljesen irreális felvetéseket, csoportosítani lehet a javaslatokat, átfogalmazások válhatnak szükségessé, s végül a beszélgetésben, vitában kialakulhat a megoldáshoz vezető alternatívák rendszere.

A fizika tanítása során is jól alkalmazható a módszer, például bonyolultabb problémák, feladatok megoldásának megkeresésére. Például azt a feladatot tűzzük ki az osztály elé, hogy gondolják végig, mi szükséges egy űrhajó felbocsátásához. Ennek a problémának természetesen nem csak a fizikai ismeretekkel kapcsolatos vonatkozásai kerülhetnek szóba, de tetszésünk szerint szűkíthetjük az ötletroham témáját, például az űrhajó felbocsátásának energetikai kérdéseire is.

Döntésfa

Rendkívül egyszerű, már-már primitívnek nevezhető eljárás, amely ennek ellenére nagyon hasznos lehet. Ha adott egy probléma, amelyben döntésre kell jutni (vagy legalábbis szimulálni kell a döntési folyamatot), akkor eljárhatunk a következő képpen: egy nagyobb lapra rajzoljunk egy stilizált fát, a fa törzsére írják rá a gyerekek a döntés témáját. A fa ágaira a probléma lehetséges megoldásai kerülnek. A fatörzsből egyre távolabb elágazó ágakon pedig az egyes döntési utaknak megfelelően a döntési folyamat egyes állomásai, a döntések következményei szerepelnek (Haas, 1988).

A döntési folyamat végigkövetése, végigjátszása során a gyerekek egyszerű, de szemléletes módon rögzítik az adott probléma megoldásával kapcsolatos alternatívákat, elemzik az egyes alternatívák következményeit is. Így olyan egyszerűen alkalmazható módszert ismernek meg, amely segítséget nyújt bonyolult és kevésbé bonyolult problémák elemzéséhez, és a végleges döntés meghozatalához. E módszer nagyszerűen láttatja a gyerekekkel a döntési folyamat szükséges elemeit, azok elhelyezkedését, egymáshoz való viszonyát.

A fizikatanítás során használható ez a módszer konkrét feladatok megoldásához is, amikor abban kell dönteni, hogy a rendelkezésre álló ismeretek, összefüggések közül melyeket alkalmazzuk a feladat megoldása során, de alkalmas döntési folyamatok szimulációjára is.

Példaként bármilyen, több résztvevő megfontolását is igénylő szituációt is említhetünk. Döntésfa készíthető például egy családi ház fűtéséről, utazás megszervezéséről (kinematikai számítások elvégzése), egy környezetvédelmi probléma megoldásáról, stb.

Jövőkerék

Ez az eljárás is rendkívül egyszerű, grafikus ábrázolási lehetőséget jelent egy döntés következményeinek vizsgálatára (Pearson, 1988). Egy döntés egyik alternatívájaként felmerül valamilyen lehetőség. A jövőkerék rajzolásával ennek a döntésnek közelebbi és távolabbi, pozitív és negatív következményeit mérhetjük fel.

Rajzoljunk egy lap közepére egy ellipszist, s írjuk bele a döntést magát (pl. egy ország kizárólag újratermelődő energiahordozókat alkalmaz energia igényeinek kielégítésére). Gondoljuk végig, hogy mik lesznek a döntés közvetlen következményei! Ezek kerüljenek a középső ellipszis köré rajzolt további ellipszisekbe, s kössük őket össze a középen állóval, egyszeres vonallal. Ezután viszont a közvetlen következmények következményeit gondoljuk végig, s írjuk bele további, növekvő körben elhelyezkedő ellipszisekbe, s kössük össze a forrásukkal, kétszeres vonalakkal. Az eljárást a második, harmadik következmények után le kell állítani, mert túl bonyolult, áttekinthetetlen lesz a rajz. Ha az így elkészített ábrára rápillantunk, egyrészt a döntés következményeit mérhetjük fel komplexebben, másrészt mérlegelhetjük a következményeket, hogy melyik pozitív, melyik negatív, s megítélhetjük a kérdést globálisan.

A módszer segítséget nyújt ahhoz, hogy a gyerekek sokféle álláspontból kiindulva vizsgáljanak egy kérdést, ha nem is teljesen elfogulatlanul, de nem is teljesen elzárkózva az övékétől eltérő gondolkodásmódoktól.

8.3.2. *Páros munka*

A páros munkát sokan a csoportmunka egyik változataként tartják számon. Mi azon a véleményen vagyunk, hogy ez egy olyan önálló tanulásszervezési mód, amely két egyenrangú partner együttműködését jelenti.

A páros munka szervezése során csakúgy, mint az összes együttműködésen alapuló munkaformánál, alapvető kérdés, a megfelelően kiválasztott feladat. Csak akkor alakul ki ugyanis a munka során az együttműködés, ha a feladat megoldása valóban igényli a közös munkát.

A páros munkában a kialakuló kapcsolatrendszer kétpólusú. Nagy gondot kell fordítani arra, hogy a páros munkában dolgozó partnerek képesek legyenek egymással együttműködni, mert az egyértelmű és kölcsönös egymásrautaltság könnyen feloldhatatlan helyzeteket, és kudarcokat eredményezhet. A feladat megoldása során felmerülő ötleteket, gondolatokat két partner egyezteti, vitatja meg.

Páros munkára például olyan feladatot érdemes választani, amely során két megoldási út, vagy két markáns vélemény mutatkozik, vagy olyan összetett mérési, megfigyelési feladatot, amelynek megoldásához két partner együttműködésére van szükség. Páros munkában végezhetik például a gyerekek a szabadon eső testek mozgásának vizsgálatát, de szervezhetünk így feladat- vagy problémamegoldást is.

Szervezhető páros munkában olyan vita is, amelyben két egymással szembenálló elképzelés ütközik.

Páros munkában szervezhetünk gyakorlást, feladatmegoldást is. A párokat, és így a feladatokat is többféleképpen állíthatjuk össze. Elképzelhető egy olyan szervezés, amely során egy-egy jobb tanuló mellé egy-egy gyengébb kerül. A jobb tanuló ebben a tanulási szituációban segíti a másik diákot a feladat megoldásában, miközben magyaráz, ötletet ad, az ő tudása is gazdagodik, biztosabbá válik. Azért is járhat előnnyel az ilyen módon megszervezett tanulás, mert a gyerekek magyarázatai során gyakran olyan hasonlatok, megértést segítő közlések is elhangzanak, amelyekre a tanár nem gondol, ugyanakkor a gyerekek számára nagyban megkönnyítik a megértést. Az ilyen szervezési mód során lényegében a „tutor módszert" alkalmazzuk.

8.3.3. Csoportmunka, módszerek

Mint azt már korábban kifejtettük, a csoportmunka a konstruktivista pedagógia szempontjából talán az egyik legfontosabb tanulásszervezési mód. Nemcsak azért, mert a gyerekek számára a frontális formáknál lényegesen jobb lehetőséget teremt gondolataik megfogalmazására, elképzeléseik, elméleteik kifejtésére, hanem azért is, mert a tanár számára organikusan kínálkozó lehetőség arra, hogy megismerje diákjai fizikával kapcsolatos gondolatait, elméleteit. Így nem csak a feladat megoldása fontos, de legalább ekkora a jelentősége az oda elvezető útnak tanár és diák számára egyaránt. A feladaton dolgozó gyerekek beszélgetéseit figyelve lehetősége van a tanárnak olyan gondolkodási, értelmezési problémák megismerésére, amelyek a tanítási egység tervezésekor végzett diagnosztikus vizsgálatok során esetleg fel sem merültek.

A csoportmunka csakúgy, mint bármely más együttműködésen alapuló munkaforma, csak akkor lehet eredményes, ha a feladat igényli a csoport tagjainak együttműködését. Az, hogy egy csoportmunka számára milyen feladatot választunk, természetesen mindig a konkrét tanítási céljainktól függ. Azt hihetnénk, hogy e munkaforma szervezése mindig bonyolult, hosszas előkészületeket igényel a pedagógustól. Természetesen vannak olyan feladatok, amelyeket csak megfelelő előkészítés után választhatunk, de olyanok is szép számmal találhatók, amelyek nem igényelnek különösebb előkészületet.

Munkalappal irányított csoportmunka: kísérlet, mérés

A fizika tanítása során a gyerekek számára mindig a kísérletezés, mérés a legvonzóbb tevékenységi forma. A kísérletek, mérések elvégzése hallatlanul fontos a konstruktivista szemléletű fizika tanítás során is. Le kell azonban szögeznünk, hogy a kísérletek, megfigyelések, mérések célja, így a feladatok konkrét megfogalmazása, és a tényleges munkavégzés előkészítése különbözik az induktív-empírikus szemléletű tanításban alkalmazottól. *A konstruktivista felfogásban megfogalmazott kísérleti, mérési feladatok között nem szerepel olyan, amelynek az lenne a célja, hogy egy kísérlet megfigyelése, értékelése alapján a gyerekek valamilyen általánosító következtetést, elméletet fogalmazzanak meg.* Mi azt valljuk, hogy a kísérlet elvégzése előtt, már a kísérlet összeállítása, tervezése során is működnek a gyerekekben azok az elméletek,

amelyek megerősítését, vagy éppen felváltását, a tanítás során célul tűzzük ki magunk elé. Ezért a kísérletezés, mérés során azt tartjuk a legfontosabb előkészítő feladatnak, hogy a gyerekek rögzítsék a feladattal kapcsolatos előzetes elképzeléseiket, hiszen ezekben tükröződik az az elmélet, amelynek alapján döntenek majd a felmerülő kérdésekben. Általában egyszerűbb feladat egy konkrét kísérlet várható eredményét előre jelezni, mint azt a mögöttes elméletet megfogalmazni, amelynek szavakba öntése gyakran megoldhatatlan feladat elé állítja a diákot, viszont ezen elmélet vezérli gondolkodását, feladatmegoldását az adott témához kapcsolódó összes probléma megoldása során. A konkrét kísérlet, mérés várható eredményének előre jelzése egyszerűbb feladat, s a tanár számára lehetővé teszi a diákok gondolkodásának megismerését. A kísérlet elvégzése, a tapasztalatok, eredmények rögzítése és a hipotézis ezekkel való összevetése viszont a gyerekek számára ad egyértelmű visszajelzést arról, jól gondolkodtak-e, vagy a valóság másképpen viselkedik. A megfelelően előkészített kísérletek, a gondosan elemzett tapasztalati tények összevetése az elmélettel lehetővé teszi, hogy a gyerekek ténylegesen átalakítsák, vagy éppen megerősítsék elméleteiket, ez az út vezet a megtanulás felé.

Nézzünk most egy példát a fenti elvek alkalmazására! Az anyag szerkezetével való ismerkedés kezdetén, a 12 éves gyerekek többségétől még távol áll az az ismeret, hogy az anyag részecskékből áll. Az anyagszerkezeti modell leírását megtanulják ugyan, de ez még nem szorítja ki a folytonos képet a gyermeki gondolkodásból. Adjuk a csoportoknak azt a feladatot, hogy vizsgálják meg, összenyomható-e egy orvosi fecskendőbe zárt levegő, illetve a víz. A kísérlet elvégzése előtt írják le a gyerekek, hogy mit gondolnak a várható eredményről, majd végezzék is el azt. A kísérleti tapasztalatokat magyarázzák meg a részecske-képpel, majd vessék össze az eredményeket az előzetes elképzelésekkel.

Munkalappal irányított csoportmunka: feladatmegoldás

A fizika tanulása során fontos szerepet játszanak a feladat-, és problémamegoldások. A feladatok megoldásának azért van fontos szerepük a konstruktivista szemléletű fizikaoktatásban is, mert az összefüggések, törvények, elvek megértéséhez szolgáló fontos eszközről van szó, amely megfelelő alkalmazás esetében sok gyerekben segíti elő a konstrukciós folyamatokat. A feladatmegoldás tradicionálisan egyéni műfaj. Olyankor érdemes csoportmunkában feladatot megoldani, amikor a gyerekek az egyszerű, elemi összefüggéseket az adott témán belül már megértették, de az a célunk, hogy a tanult ismereteket bonyolultabb, gyakorlat-közeli helyzetekben is alkalmazhassák.

Az elektromosság témakörében érdekes számítási feladat lehet például egy csoport számára, hogy mennyibe kerülne nyáron a Balaton vizének 15°C-ról 25°C-ra való felmelegítése. A feladat megoldásához természetesen bizonyos hőtani ismeretekre, és számos adatra is szükség van. Ezeket azonban a feladatban nem közöljük, így a gyerekeknek maguknak kell nemcsak a szükséges információkat megszerezniük, de azt is nekik kell kitalálni, hogy egyáltalán milyen adatokra van szükségük a feladat megoldásához. Ehhez a munkához bizony nem baj, ha többen dolgoznak együtt, hiszen földrajzi adatokra, az elektromos energia aktuális fogyasztói árának megszerzésére éppen úgy szükség van, mint arra, hogy a szükséges fizikai ismereteknek a birtokában legyenek.

Célravezető lehet a csoportos feladat- és problémamegoldás a tanítási egységek vége felé, ahol a csoportoktól már összetettebb feladatok megoldását is elvárjuk, azonban a gyerekek önállóan még lassan, bátortalanul dolgoznak. Ilyenkor javasoljuk azt a gyerekeknek, hogy akik már úgy érzik, képesek önállóan is megbirkózni a feladatokkal, azok próbáljanak meg a csoportból kiválva, egyénileg dolgozni, de ellenőrzésre, segítésre a csoport még egy ideig mögöttük áll. Ilyen típusú feladatmegoldásra bármely témában kijelölhetünk alkalmas feladatsort a forgalomban

lévő feladatgyűjteményekből, de természetesen az adott csoportokra tervezett feladatsorokkal is dolgozhatunk.

Azonos feladat a csoportok számára

A tanítás során gyakran adódik olyan szituáció, hogy a csoportok ugyanazt az együttműködést igénylő feladatot oldják meg, egyidejűleg. Általában akkor választunk ilyen feladatot, amikor az a célunk, hogy a gyerekek egy a megértés szempontjából fontos problémán gondolkozzanak. Természetesen felmerülhet a kérdés, hogy ha ugyanaz a feladat, akkor miért kell a megoldást csoportmunkában elvégezni. Vannak a pedagógiában olyan nézetek, amelyek szerint az ilyen óraszervezés során nem érvényesülnek a csoportmunka előnyei, egyes elképzelések szerint az ilyen szervezési forma nem is tekinthető csoportmunkának. Mi azon a véleményen vagyunk, hogy csoportmunka szervezése már önmagában is megvalósítja a differenciálást a tanítási órán, márpedig ha a továbbhaladás szempontjából alapvető kérdésről van szó, akkor azt a lehető legtöbb tanulónak meg kell értenie, fel kell dogoznia. A feladat megoldása során a csoporton belül együttműködés alakul ki, az egyes csoportok egymástól függetlenül dolgoznak, a tanár számára adott a lehetőség a gyerekek gondolkodási útjának megfigyelésére, ahol gondot észlel a megoldás során, ott azonnal segítséget is adhat, míg más csoportok esetleg nem igényelnek beavatkozást.

Az elektromos áramkörök témánál jól alkalmazható a következő feladat: "Tervezzetek elektromos nővér-hívó berendezést! A nővérnek négy szoba betegeit kell ellátnia, ő maga általában a nővérszobában tartózkodik. Ha valamelyik betegszobában szükség van rá, akkor a betegek jelzést adnak. A nővérnek a jelzésről tudnia kell, hogy melyik szobából érkezett, és a berendezésnek egyidejűleg több hívás beérkezést is lehetővé kell tennie!" E feladat megoldása során a gyerekek alkalmazzák a soros és párhuzamos kapcsolásról tanultakat, a feladat eléggé összetett ahhoz, hogy megbeszélést, vitát indukáljon a csoportban.

A mozgások kinematikai leírásának tanítása során alkalmazható sikerrel a következő feladat: "Képzeljétek el, hogy csoportotok egy olyan gazdasági társaság, amely egy Közlekedési Vállalat által kiírt pályázaton vesz részt. A pályázati kiírás arról szól, hogy meg kellene állapítani, hogy egy bizonyos szakaszon a villamos (ide az iskola közelében közlekedő tömegközlekedési eszközt célszerű írni) hogyan mozog, mekkora a legnagyobb sebesség, amivel ott halad. Ha ugyanis a jármű egy bizonyos sebességnél gyorsabban mozog, akkor a pályát át kell építeni, mert már nem biztonságos. A mérés során a közlekedési eszközre szerelt sebességmérő nem használható. A csoport készüljön fel arra, hogy a versenytárgyalás vezetője (a tanár) a mérési eljárással kapcsolatosan kérdéseket tesz majd föl."

Különböző feladatok - azonos végeredmény

Amikor egy-egy téma előkészítése, tervezése során úgy döntünk, hogy a gyerekek érdeklődésére építve, több feldolgozási módot is alkalmazunk egyidejűleg (például a korábban már említett egyszerű gépek témakörének esete), akkor ezt a feladatot csak úgy oldhatjuk meg eredményesen, ha az érdeklődéseknek megfelelő feldolgozáshoz szükséges könyvekkel, CD-kkel, videoprogramokkal rendelkezünk. A gyerekek munkáját segítő kérdések, feladatok többsége akár ugyanaz is lehet, például a vizsgált technikai eszközökben, a különböző történelmi korokban alkalmazott építészeti megoldásokban, a háztartásban alkalmazott használati tárgyakban milyen egyszerű gépeket alkalmaztak, ezek működésében milyen fizikai elvek érvényesültek.

Különböző feladatok - különböző részeredmények - komplex kép (mozaik-módszer)

A tanítás során gyakran adódik olyan szituáció, amikor sokféle kisebb, ám önállóan is érdekes téma feldolgozása is kínálkozik. Ilyenkor természetesen döntenünk kell, egyik vagy másik szóba kerül az órán, a többi azonban nem. Ezeket a témákat feldolgozhatjuk csoportmunkában úgy, hogy az egyes csoportok más-más témán dolgoznak, erről beszámolót, tablót, bemutatót készítenek, s ezek megtekintése után az egész osztályban egy komplexebb kép alakul ki az adott kérdésről. Így dolgozható fel például középiskolában az atomszerkezeti ismeretek (atommodellek) fejlődésének története, vagy általános iskolában az egyszerű gépek témaköre.

Csoportotoknak az a feladata, hogy elemezze a következő eszközök működését, s az eszköz használata során lezajló munkavégzést. (A csoportoknak a következő eszközöket kell vizsgálniuk: harapófogó, csiga, ék, lejtő, kerekes kút.)

Ahhoz, hogy a csoportmunka eredményes legyen, a diákoknak tisztában kell lenniük azzal, pontosan mit is várunk el tőlük. Most példaként bemutatjuk az előbbi feladathoz készített értékelési szempontokat, amelyeket a munka megkezdésekor megismertek a gyerekek

A beszámoló megtartására maximum 5 perc áll rendelkezésetekre. Törekedjetek arra, hogy mindenki világosan megértse, milyen elven működik az az eszköz, amellyel ti foglalkoztatok. A beszámoló során be kell mutatni az eszközt, vagy annak modelljét, és rajzos magyarázó ábrát is kell készítenetek. A beszámolóban minden csoporttagnak részt kell vennie, és a felmerülő kérdésekre meg kell próbálni választ adni.

Szakértői csoport - anyacsoport módszer

Ez a “jigsaw”-nak, vagy “puzzle”-nek is nevezett módszer az eddigieknél kicsit összetettebb, a gyerekektől a korábbiaknál is magasabb szintű együttműködési képességet igényel. A megalakuló csoportok, az "anyacsoportok" a kapott probléma megoldására "szakértőket" választanak ki tagjaik közül. A munka ezután úgy folytatódik, hogy a különböző csoportok azonos témával foglalkozó szakértői közös csoportokban (ezek a szakértői csoportok) oldják meg feladatukat, majd ez után az eredeti csoportba visszatérve, korábban megszerzett ismereteiket a csoport javára hasznosítják. Ilyen szervezésben bonyolítható például a fizika fejlődésének bemutatása az egyes történelmi korokban. Az anyacsoportok feladata lehet például a különböző korok fizikai ismereteinek bemutatása, és szakértői csoportok működhetnek például a mozgások, az elektromosság-mágnesség, fénytan, és anyagszerkezet témakörökben.

Szituációs játék

A szituációjátékok szervezése általában komoly előkészületeket igényel. Biztosítani kell a szerepek elosztását, a szerepek leírását, a helyet, az eszközöket, s talán a legfontosabbat: a szereplők felkészülésének lehetőségét. A különböző szerepjátékok természetesen rendkívül eltérő időigénnyel, helyigénnyel, eszközigénnyel, előkészület-igénnyel rendelkeznek, ezért általánosan semmit nem mondhatunk ezek mértékéről, tartamáról (Marx, 1992; Parisi 1989). Minden szituációjáték a témájának megfelelő tartalmú és mennyiségű szervezést, előkészületet igényel.

Fontos, hogy a gyerekek megértsék, itt bele kell helyezkedniük egy szerepbe, annak megfelelően kell viselkedniük végig. Erre készülniük kell, ismereteket kell elsajátítaniuk a témával és a speciális szereppel kapcsolatban, illetve elő kell készíteni azokat az eszközöket, amelyekre a szituációjáték során majd szükség lesz. Bevált előkészítési elem, hogy a pedagógus kis kártyákon leírva adja ki a gyerekeknek a szerepük lényegét. Szükség lehet arra, hogy segédleteket adjunk a gyerekek kezébe a

felkészüléshez. Maga a pedagógus többféle szerepet is vállalhat: lehet az egyik szereplő, teljesen kívül helyezheti magát, s egyáltalán nem szól bele a játékba, vállalhat egyfajta óvatosan irányító szerepet, és így tovább.

A szituációs játékot a tanórán kívüli programokban, környezetvédelmi kérdések megvitatásakor már eléggé elterjedten használják. Rendkívül eredményes lehet azonban ez a módszer a fizikatanítás során is, ha a megfelelő szituációt kiválasztva alkalmazzuk. A szituációs játék témáját úgy válasszuk meg, hogy felkeltse a gyerekek érdeklődését. Érdekes lehet például egy olyan játék, amelyben azt a gondolatot járjuk körül, hogy egy adott település energia-ellátásának megoldására milyen forrásokat alkalmazzanak. Egy ilyen helyzetben meg lehet adni olyan képzeletbeli (de akár valós) paramétereket, mint az adott településen az évi napsütéses órák száma, és eloszlása, a szeles és szélcsendes napok viszonya, a közeli folyó vízhozama, és más alternatív energiaforrások adatai. Az egyes csoportok egy-egy energiahordozó szélesebb körű alkalmazása mellett érvelnek, de megjelenhetnek a környezetvédők képviselői, a helyi önkormányzat gazdasági szakemberei, külföldi befektetők, és így tovább. A játékra való felkészülés során olyan adatokat kell beszerezni (vagy a megadott adatok alapján kiszámítani), hogy mennyi a település energia igénye, mennyivel fog ez emelkedni a következő néhány éves időszakban, milyen adottságok mely energiahordozó részleges, vagy kizárólagos alkalmazását indokolják, mennyire gazdaságos egyik, vagy másik alternatív energiahordozó alkalmazása, és így tovább.

E tevékenység természetesen számos olyan mozzanatot tartalmaz, amelyek nem feltétlenül szerepelnek egy hagyományos fizika órán. Azonban ha azt szeretnénk, hogy diákjaink olyan tudást szerezzenek az iskolában, amelyet majd állampolgárként is hasznosítani tudnak, akkor fontos, hogy fizikai ismerteiket életközeli szituációkban is alkalmazzák. Ne csak maguk készítsenek számításokat, de azt is maguk döntsék el, hogy milyen számításokat kell elvégezniük. Gondoljuk csak el, hogy a tanult ismeretek hasznosságának megértésén túl, mennyire hozzájárul magához a megértéshez és elsajátításhoz az, ha a gyerekek nemcsak megoldanak, de készítenek is feladatokat! Ilyenkor a gyermeki tudásrendszerek legmélyebb régiói kerülnek mozgósításra.

Természetesen választhatunk olyan szituációt is, amelynek témája még az előbbinél is szorosabban kötődik a fizikához. A fizika történetét tanulmányozva számos olyan helyzetet ismerhetünk meg, amelyek alkalmasak szituációs játék szervezésére.

Projekt

A projekt (Hortobágyi, 1991) középpontjában egy probléma áll, amely lehetőleg a diákok életéhez, élményeihez kapcsolódódik. A projekt középpontjában álló témát a lehető legtöbb oldalról járjuk körül, így különböző műveltségi területek együttműködését igényli. Gyakran valóságos élettevékenységek rendezik az ismereteket, és a projektet mindig valamilyen produktum létrehozásával fejezzük be.

A projekt rendkívül gondos szervezést igényel, néha csak néhány órás tevékenységet takar, ám legtöbbször hosszabb ideig, akár egy teljes tanéven át is eltart. A résztvevők lehetnek egy osztály, vagy egy évfolyam tanulói, de az is gyakori, hogy az egész iskola diákjai részt vesznek ugyanannak a témának a feldolgozásában.

A projektmunka akkor a leghatásosabb, ha a gyerekeket már a tervezési szakasz munkálataiba is bevonjuk, ilyenkor a feladatok kialakításában, tervezésében is részt

vesznek a csoportok. A projekt mindig valamilyen közös produktummal zárul, ennek műfaját célszerű a résztvevőkkel közösen meghatározni. Mivel a projektmunka gyakran hosszabb időt vesz igénybe, általában célszerű a megoldáshoz ütemtervet készíteni, felelősöket kijelölni, és érdemes az egyes csoportoktól időszakonként tájékoztatót kérni arról, hol tartanak a feladatok megoldásában.

A "Közlekedés" projekt nyújtotta lehetőségeket elemezve vizsgáljuk meg, milyen sokoldalú, változatos tanulói tevékenységek kapcsolódhatnak egy-egy téma feldolgozásához. Ez a téma lehetővé teszi, hogy a legkülönbözőbb érdeklődésű diákok is megtalálják benne a kedvükre való feladatokat. Most megadjuk ennek a projektnek néhány lehetséges csoportfeladatát.

- Közlekedési eszközök fejlődésének története (szárazföldi-, vízi-, légi-,).
- Gépek a közlekedésben.
- A kerék története.
- Üzemanyagok a közlekedésben.
- Tengeri "országutak".
- Merre vezetnek a légi folyosók?
- Sebességi rekordok a közlekedésben.
- Legendás utazások.

További lehetőségek is kereshetők, de a csoportfeladatok pontos megfogalmazását a vállalkozó diákokra bízhatjuk. A projekt zárulhat kiállítással, előadások, tablók készítésével, meghívhatunk autóversenyzőt, repülőgép-tervezőt, légi irányítót, bárkit, akinek a témával kapcsolatosan a gyerekek számára érdekes mondanivalója van.

Szorosabban kapcsolódik a fizikatanításhoz például egy "Mérések és mértékek" című projekt, amely bármely korosztállyal megvalósítható, természetesen a kiválasztott mennyiségek és eljárások különbözhetnek. A gyerekekből alakuló csoportok egy-egy mennyiség mérésével kapcsolatos ismeretek és eszközök fejlődését mutathatja be, elkészíthetnek különböző mérőeszközöket, tablókon mutathatják be a választott mennyiséghez kapcsolódó méréséi eljárás alakulásának történetét.

Esettanulmány módszer

Esettanulmány módszeren azt értjük, amikor egy esemény, történés folyamatát, vagy egy probléma felmerülését és a megoldási folyamat lépéseit követjük nyomon, és elemezzük a lehető legsokoldalúbban (Pearson, 1988 Mulloy, 1988).

A fizika tanításában is sikerrel alkalmazhatjuk ezt a módszert. Adjuk a csoportoknak feladatul, hogy vizsgálják meg az iskola energia-felhasználását, elemezzék a helyzetet az ésszerű takarékosság szempontjából. Mérjék fel az iskolai közvéleményt a kérdéssel kapcsolatban, adjanak tájékoztatást az iskola tanulóinak a feltárt helyzetről, ismertessék az energiafelhasználás problémáit, tegyenek javaslatot arra, hogyan lehetne az energiával takarékoskodni.

Egy másik, több tantárgy együttműködését igénylő esettanulmány téma lehet az iskolában, és a környéken a környezetvédelem kérdéseinek felmérése, a problémák és a lehetséges megoldások ismertetése, az emberek véleményének bemutatása.

Vita, megbeszélés, beszélgetés, kirándulás/múzeumlátogatás

Ezen formák leírását a frontális munkaformáknál már megadtuk. A csoportmunkában való szervezés mindig többféle feladat elvégzését, vagy többféle érdeklődés kielégítését teszi lehetővé. A csoportos szervezés általában több gyerek számára biztosít megszólalási lehetőséget, de a tanári segítség, figyelem a csoportok között megoszlik. Célszerű e munkaformák frontális és csoportos szervezési módja között egyensúly kialakítására törekedni.

8.3.4. Egyéni munkaformák, módszerek

A tanítás során szükség van olyan szituációkra is, amikor a gyerekek önállóan dolgoznak egy-egy feladat, probléma megoldásán. Az egyéni munka fontos információkat szolgáltat a tanárnak arról, hogy hol tartanak az egyes gyerekek a tanterv által előírt követelmények elsajátításában, a fontos fizikai elvek megértésében.

Differenciált egyéni munkáról akkor beszélünk, ha a gyerekek saját fejlődését optimálisan előmozdító, egyéni feladatot kapnak. Az egyéni differenciált munkára a tanítási folyamat bármely szakaszában sor kerülhet, alkalmazható más módszerekkel egyidejűleg is. Ilyen munkaformát alkalmazhatunk olyankor, amikor egy diagnosztikus mérés során kiderül, hogy az egyes gyerekek továbbhaladásához milyen egyéni feladatmegoldásra van szükség. Hasznos lehet az egyéni differenciálás akkor is, amikor egy-egy témakör lezárása előtt a gyerekek a témakörben problémákat, feladatokat oldanak meg, ilyenkor mód nyílik arra, hogy az esetleges lemaradásokat még bepótolják, s arra is, hogy az átlagosnál sokkal bonyolultabb feladatokat is megoldhassanak azok, akik erre képesek.

Az egyéni differenciálás talán a fizikatanítás egyik legnehezebben megoldható problémája, mert rendkívül sok feladatot igényel, ezek közül a tanárnak kell összeválogatnia a legmegfelelőbbeket. A megfelelő választás érdekében viszont szinte minden gyerek egyéni problémáit ismernie kell. A rendelkezésre álló taneszközök csak részben tudják teljesíteni ezt a feladatot, hiszen minden gyerekre nem lehet feladat- és problématárat készíteni. Nagyon sokat kell a tanárnak magának válogatni, feladatot készítenie. Az ilyen típusú differenciáláshoz sok segítséget adhat egy feladatbank létrehozása az iskolákban, ennek feladatait akár több iskola is használhatja, bővítheti közösen. Erre jó lehetőség a számítógépes rendszerek kialakítása. Természetesen itt is alapvető követelmény a tanárral szemben, hogy tudja, melyik gyereknek milyen problémát, feladatot kell adnia annak érdekében, hogy fejlődése, haladása biztosítható legyen. Ebben a feldolgozási szakaszban a feladatmegoldás a tanítási órán zajlik, a gyerekek önállóan dolgoznak. Szerencsés, ha az alkalmazott feladatokhoz létezik egy javítókulcs, amely segítségével a gyerekek maguk ellenőrizhetik munkájukat.

A tanítási folyamatban a gyerekek a legkülönbözőbb helyzetekben érkeznek el olyan témákhoz, amelyekkel szívesen foglalkoznak önállóan is, a tanórán kívül. Ha ismerjük a gyermekek érdeklődését, akkor erre támaszkodva is adhatunk nekik egyéni feladatokat. Lehetséges, hogy ilyesfajta munkák elkészülnek ugyan, de mivel a gyerek úgy érzi, hogy az iskola nem értékeli a teljesítményét, nem kapcsolódik a szorosan értelmezett iskolai tanulási folyamathoz, az eredmények rejtve maradnak. A hagyományos iskolai életben kizárólag a versenyekre való felkészítés során történik valami ehhez hasonló, itt azonban az iskola szűken értelmezi a gyerekek képességeit, és csak egy jól meghatározható, keskeny (természetesen fontos) sávban, az intellektuális teljesítmények mentén történik fejlesztés.

Ha azonban értéknek tekintünk mindenfajta értelmes tanulói teljesítményt (kézügyességet, rajztudást, stb.), ezeket a lehetőségeket is bekapcsolhatjuk a fizikatanítás rendszerébe. Lehetőséget kell kapniuk más területen tehetséges gyerekeknek is. Ilyen típusú differenciálásra példa a Mestermunka. Egy-egy ilyen munka elkészítése önálló (esetleg kiscsoportos) alkotómunkát, könyvtári kutatómunkát, egyéni tanulást, médiafigyelést, film és fotókészítést, adatgyűjtést, mérést, kísérletezést

és elemzést, tárgykészítést is tartalmazhat. Kiváló lehetőséget teremt arra, hogy azok a tanulók is kiemelkedőt alkothassanak a tantárgy tudásterületeiből, akik a tanulmányi versenyeken nem indulnának jó eséllyel.

Számítógépes tanulás

Az, hogy a számítógép, és a segítségével közvetített információk mennyire befolyásolják, vagy alakítják át a mai iskolát, még nehezen előre jelezhető. Annak elemzésével, hogy az iskolai munka hogyan fog változni a talán nem is túl távoli jövőben, most nem foglalkozunk. Fontosnak tartjuk azonban, hogy napjaink iskolájában milyen lehetőségeket biztosít már ma is e technikai környezet.

Az interaktív CD-k tanítási órákon való alkalmazása jó lehetőséget biztosít az egyéni differenciálásra. Akár a tanulók érdeklődése szerint, akár tudásuk aktuális állapota szerint választhatunk számukra megfelelő feladatokat. Az ilyen feladatmegoldás, egyéni tanulás egyik nagy előnye, hogy a gyerekek többnyire maguk ellenőrizhetik válaszaik helyességét, és maguk szabhatják meg a feldolgozott anyag mennyiségét. Így mind a nagyon kiugró teljesítmények támogatására, egyéni érdeklődés felkeltésére és kielégítésére, mind a fontos fejlesztési feladatok elvégzésére is sor kerülhet egy tanítási órán. Ilyen típusú foglalkozásokat akkor is szervezhetünk, ha csak néhány számítógépes munkahelyet tudunk biztosítani, mert a feladatok változtatásával elérhetjük, hogy egy-két tanítási órán belül mindenki elvégezze a neki leginkább megfelelő feladatokat.

Esettanulmány, megfigyelés, kísérletezés egyéni munkában

Ezeknek a módszereknek a leírását a korábbi szervezési módok esetében megadtuk. Ha a gyerekek már megismerték az ilyen típusú feladatok megoldása során követendő alapvető szabályokat, egyéni feladatként is végezhetik ezeket. Fontos, hogy mind a feladatot vállaló egyének, mind az osztály szerezzen tudomást a vállalható feladatokról, s közülük lehetőleg önkéntes alapon történjen a választás. Az elkészített munkákat mindig mutassuk be az osztály, vagy az iskola közössége előtt. Rendezhetünk kiállítást, tarthatunk bemutatót, bármit, ami módot ad arra, hogy a végzett munkát az érdekeltek megismerhessék.

Egyéni feladatként esettanulmányt készíthetnek például a gyerekek otthonuk energia felhasználásának alakulásáról vagy a lakókörnyezet környezetvédelmi problémáiról. Készülhet esettanulmány egy fizikai kísérleti eszköz tervezésének és elkészítésének folyamatáról is.

Feladatok

1. Nézzen utána annak, hogy milyen fizikával kapcsolatos ismereteket is tartalmazó interaktív CD-k lehetnek egy iskolában. Tervezzen egy olyan differenciált foglalkozást, amelyben egy téma tanítása során egy, vagy több csoport egy Ön által választott CD-t is használ.
2. Egy Ön által választott téma tanításával kapcsolatban tervezzen meg differenciált csoportmunkát.

3. Készítse el egy szituációs játék leírását, és a lebonyolításhoz szükséges szerepkártyákat, egyéb leírásokat.
4. Fogjanak össze négyen, s így csoportot alkotva vitassanak meg egy aktuális fizikai ismereteket is érintő problémát (pl. energiafelhasználás, környezetvédelem, stb. területén)! Alkossanak két párt, az egyik pár az egyik nézetet képviselje, a másik pár az ezzel szemben állót! Készüljenek fel a párok, gyűjtsenek érveket és ellenérveket! Ez után bonyolítsák le a vitát! Ezt követően "cseréljenek" álláspotot, újból készüljenek, s újból vitatkozzanak. A feladat végrehajtását követően beszéljék meg egyrészt, hogy milyen közös véleményt tudnak kialakítani a felvetett témában (ha egyáltalán lehet), másrészt azt is, hogy mi lehet a jelentősége e módszer alaklmazásának a tanítás során!
5. Alakítsanak csoportot (akár többet is), és készítsenek esettanulmányt! Témája lehet például a fizikatanítás kezdeti időszaka problémáinak feltárása. Csoportjuk látogasson órákat, készítsenek feljegyzéseket, beszélgessenek gyerekekkel és pedagógusokkal, stb. Felismeréseiket rögzíthetik egy tanulmányban, de nagyobb vállalkozó kedvvel rendelkező hallgatók filmet is készíthetnek.
6. Válassza ki a fizika egy Ön által kedvelt résztémáját! Készítsen munkalapokat különböző érdeklődésű gyerekek számára a témában differenciált egyéni munka során történő felhasználásra! Vegye figyelembe a következő érdeklődési területeket: sport, történelem, élővilág, művészetek, matematika, technikai érdeklődés, kifejezetten a fizika iránti érdeklődés.

Felhasznált irodalom

Báthory Zoltán (1997): *Tanulók, iskolák, különbségek.* 206o. Okker, Budapest.

Comenius (1992): *Didactica Magna.* Halász és fiai kiadása, Pécs.

Csapó Benő (Szerk.) (1998): *Az iskolai tudás*. Osiris Kiadó, Budapest.

Duffy, T. M. – Jonassen, D. H. (1992): Constructivism: New Implications for Instructional Technology. In: Duffy, T. M. – Jonassen, D. H. (Szerk.): *Constructivism and the Technology of Instruction: A Conversation.* Lawrence Erlbaum Associates, Publishers; Hillsdale, Hove, London. 1-16.

Falus Iván (1998): Az oktatás stratégiái és módszerei. In: Falus Iván (Szerk.): *Didaktika. Elméleti alapok a tanítás tanulásához.* 271-322. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.

Haas, J. D. (1988): *Future Studies in the K-12 Curriculum.* Social Science Education Consortium, Inc., Boulder, Colorado.

Hortobágyi Katalin (1991): *Projekt kézikönyv*. Altern füzetek 1. IFA, OKI, Budapest.

M. Nádasi Mária (1998): Az oktatás szervezési módjai és munkaformái. In: Falus Iván (Szerk.): *Didaktika. Elméleti alapok a tanítás tanulásához.* Tankönyvkiadó, Budapest. 368-391.

M. Nádasi Mária (2001): *Adaptivitás az oktatásban.* Comenius Bt. Pécs.

Marx György (1992): *Szép új világunk. Természettudomány a gimnáziumban*. Akadémiai Kiadó, Budapest.

Marx György (1992): Kockázat /in: Marx György: *Szép új világunk.* Akadémiai Kiadó, Budapest.

Mulloy, P. T. (1988): *Global Issues in the Elementary Classroom*. Social Science E ucation Consortium, Boulder, Colorado; Massachussetts Global Education Project, Winchester, Massachussetts; Center for Teaching International Relations, Denver.

Nahalka István - Wagner Éva(1997): Porszemek www.korlanc.hu

Parisi, L. (Szerk.) (1989): *Hot Rods: Storage of Spent Nuclear Fuel. Creative Role Playing Exercises in Science and Technology*. Social Science Education Consortium, Inc., Boulder.
Pearson, J. V. (1988): *Science/Technology/Society: Model lessons for secondary science studies classes*. Social Science Education Consortium, Inc., Boulder.

9. A SZEMLÉLTETÉS LEHETŐSÉGEI A FIZIKA ÓRÁN

POÓR ISTVÁN

A pedagógiai irodalomban a konstruktivista megfontolások jelentkezését megelőzően általában háromféle értelemben fordul elő a *szemléltetés* fogalom. Az egyik értelmezés a megismerési folyamatok induktív – empírista szemléletmódjához kötődik. E szerint az eleven szemlélet a fizika oktatásában a fizikai tényeknek kísérletek és szemléltető eszközök segítségével történő bemutatása révén biztosított közvetlen érzéki tapasztalást jelent. Így a*z ismeretszerzésnek* tehát *forrása* az érzéki tapasztalat, s ezt a *szemléletés* biztosíthatja.

A második értelmezés szerint a didaktikai alapelvek közül az egyik a *szemléletesség elve* (Comenius 1992). Ez az elv azt *hangsúlyozza,* hogy a tanítás során szereplő tárgyak és jelenségek *érzéki észlelése szükséges*. Ez az érzéki észlelés a kialakult képzetek és fogalmak alakításának kiindulópontja és alapja.

És végül, ha az oktatás módszereiről beszélünk, akkor a hagyományos megközelítésekben a szemléltetés az egyik leglényegesebb módszer.

A szemléltetés szó helyett az irodalom használja a bemutatás vagy a demonstráció kifejezést. Mi a továbbiakban a bemutatás szót a szemléltetés egyik fajtájára tartjuk fenn.

A konstruktivista felfogás elterjedését megelőző leírásokban a szemléltetés olyan oktatási forma, amely nem az elvont fogalmakra, szavakra, hanem a *konkrét,* a tanuló által befogadott *képekre épül*. Ezeket a képeket a tanuló a tanár vezetésével alakítja ki, vagy a korábbi önálló megfigyeléseiből kiindulva maga szerzi meg. A szemléltetés elsősorban a látáson keresztül realizálódik. A látás rendkívül gazdag és finoman differenciált adatokat szolgáltat az ember számára. A látás nyújtja számunkra a tárgyak legtökéletesebb észlelését. A szemléltetés lényege tehát abban áll a hagyományos megközelítésben, hogy a tanár a tanítás folyamán *szemléltető eszközök* felhasználásával, lehetőleg a tanulók aktív részvétele mellett hat a tanulók érzékszerveire. Ezzel segíti elő a pontos és világos képzetek kialakítását, a tárgyak és a jelenségek összefüggéseinek és törvényszerűségeinek feltárását. Könyvünk szerzői – mint már több korábbi fejezetünkből kiderült – a megismerés nem induktív - empirista felfogását vallják magukénak. Éppen ezért a fentiekben körvonalazott elképzelésekkel a szemléltetés értelmezésével összefüggésben nem értünk egyet teljes mértékben, s a következő fejezetekben arra törekszünk, hogy egy alternatív értelmezést építsünk ki. E leírás során azonban felhasználjuk a hagyományos értelmezések azon elemeit, amelyek a konstruktivista megközelítés keretei között is használhatók. Így például arra törekszünk, hogy sok bevált, gyakorlatias szemléltetési eljárást ismertessünk.

9.1. Kísérlet

A fizikában részben a *kísérlet* mintegy a kutatások "motorja". Ezzel azt akarjuk kifejezni, hogy a konstruktivista szemléletben a kísérleteknek nincs ugyan a megismerési folyamatot determináló, kiindulópont szerepe, de az elméletek következményeinek vizsgálatában, állításaink alátámasztásában és cáfolatában, valamint új kreatív gondolatok megszületésében fontos szerepet játszanak.

Kísérletről akkor beszélünk, amikor a tanulmányozandó jelenséget mesterségesen, tervszerűen választott és bármikor reprodukálható feltételek mellett idézzük elő. A Pedagógiai lexikon a következőképpen határozza meg a kísérletek szerepét a természettudományos oktatásban:

> a kísérletezés a tudományos kutatás, az ismeretszerzés és az oktatás alapvető, jellegzetes módszere, amelynek során valamely természetben előforduló jelenség, folyamat azonos, vagy célszerűen változtatott körülmények között akárhányszor megismételhető. A kísérletek a természettudományos oktatásban az anyag sajátosságaira és változásaira vonatkozó ismeretek megszerzése érdekében tudatosan létrehozott tapasztalati eljárások (Pedagógiai lexikon, II. kötet, 236. o.).

A kísérlet az oktatásban egyrészt tipikusan a fizikai és kémiai törvények *megtalálásának* az *egyik forrása*, másrészt egyedüli (kizárólagos) *eszköz* a dedukcióval nyert összefüggések, törvények, valamint tudományos hipotézisek és *elméletek adaptivitásának eldöntésére*. A kísérlet a fizika- és kémiatanítás legfontosabb alapvető módszere. Lehetővé teszi egyrészt, hogy a tanulók mintegy a kutatók útját bejárva jussanak el a természettudományi alapismeretek birtokába, másrészt, hogy az ismereteket konkrét mérésekkel járó gyakorlatok révén is mélyítsék, szilárdítsák, miközben e téren jártasságot szereznek, és fejlődnek gyakorlati képességeik.

A kísérleteket több szempontból csoportosíthatjuk:

1. A kísérletező személye szerint: ha a tanulók végzik, akkor *tanulói kísérletezés*, ezen belül megkülönböztetünk laboratóriumi munkát és kísérleti feladatok megoldását. A tanár által végzett kísérlet a *demonstrációs* (tanári) kísérlet.
2. A kísérlet jellege szerint: *kvalitatív* (minőségi) és *kvantitatív* (mennyiségi vagy mérő-) kísérlet.
3. A kísérlet eredménye szerint: *pozitív* (bizonyító, igazoló) és *negatív* (cáfoló) kísérlet.
4. A didaktikai feladat szerint: érdeklődést felkeltő (motiváló), új ismeretek feldolgozását elősegítő, gyakorlati alkalmazást bemutató, a tanulók méréstechnikai képességét fejlesztő kísérlet.

Tanulói kísérletezésnél a tanulók maguk végzik egyedül vagy kisebb csoportokban a kísérleteket. Ez a forma biztosítja legjobban a tanulók aktivitását. Ilyenkor nemcsak észlelői, hanem résztvevői is a kísérletezésnek.

A *laboratóriumi munka* több önállóságot igényel a tanulóktól. Ilyenkor a jelenség bemutatása helyett a mérési feladatok kerülnek előtérbe. Elősegíti az önálló munkát, és megtanítja a tanulókat a mérési eredmények értékelésére, a jegyzőkönyv készítésére.

Praktikusan megoldható, hogy a tanulók különböző méréseket végezzenek, így kevesebb eszközre van szükség.

Fizikai tanulmányi versenyeken gyakran fordul elő, hogy laboratóriumi k*ísérleti feladatok*at kapnak a gyerekek. Ezek a kísérletek elsősorban mérési feladatok.

A demonstrációs kísérlet a tanár, vagy egy felkért tanuló által végzett, az egész osztály számára látható kísérlet. A demonstrációs kísérlet a tananyag megértése mellett sokszor az érdeklődés felkeltésére, motivációra szolgál. Mérési sorozatot ritkán érdemes demonstrációs kísérletként bemutatni. Előnye az olyan tanulói kísérletezéssel szemben, amelyben minden gyerek, vagy minden csoport ugyanazt a feladatot hajtja végre, hogy csak egy eszközre van szükség. Az osztályban, jobb esetben a fizikai előadóban lehet bemutatni, jól lehet kapcsolni az adott tananyaghoz. Ahhoz hogy a tanulók figyelmét lekösse, a demonstrációs kísérleteknek sok feltételt kell teljesíteni.

A legfontosabb követelmény a *láthatóság*. Ennek biztosítása akkor sikerül, ha az előkészítés folyamán erről a tanár maga is meggyőződik. Végig kell járnia, pontosabban ülnie sok helyet, hogy személyesen meggyőződjön a láthatóságról.

A *láthatóság biztosításának* egyik leglényegesebb módszere a megfelelő, *nagy méretű demonstrációs eszköz*. Vigyázni kell azonban arra, hogy fototechnikai kifejezéssel éljünk, ne üres nagyítást végezzünk. Az olyan nagyításnak, amely nem hoz ki újabb részleteket, pontosabban a nagyítás által az egyes részletek nem láthatók jobban, nincs értelme. Például ismert demonstrációs eszköz a Kundt-féle cső. Üvegcsőbe parafareszeléket teszünk, az egyik végén lezárjuk, a másik végén hangrezgést alakítunk ki, pl. hangvillát rezegtetünk. Így a kialakult állóhullámok hatására a parafarészecskék is rezgésbe jönnek. Hiába készítünk nagy csövet, hiába alkalmazunk kis frekvenciát, hogy nagy legyen a hullámhossz, ahhoz hogy lássuk, hogy a duzzadóhelyeken rezegnek a parafarészecskék, és a csomópontokban pedig nyugalomban vannak, a cső egy részét akkorára kell kivetíteni, hogy a parafarészecskék mozgása látható legyen.

A *vetítésre sokszor van szükség*. A kapilláris jelenségeket nem lehet vastag csőben bemutatni. Ma, amikor nagy fényerejű pontszerű izzók kaphatók mind az árnyékvetítés, mind az optikai leképezés könnyen megoldható. Az írásvetítők különösen alkalmasak vízszintes síkban lévő jelenségek vetítésére. Sokszor segít az árnyékvetítés is. Huzal megnyúlása, vagy a buborék mozgásának a vizsgálata Mikola-féle csőben árnyékvetítéssel is jól láthatóvá tehető.

Több lámpával való egyszerre történő vetítéssel viszont az egyes részletek jól láthatóvá tételén kívül lényeges mozzanatokat emelhetünk ki. A 1. ábrán látható berendezéssel a kényszerrezgést vizsgálhatjuk. Az R rugóra függesztett A test a rezgőképes rendszer. Az M motorral a A testen keresztül kényszerítjük rezgésre az B testet. A rezonanciakatasztrófa megakadályozása érdekében a vízbe merített K korong csillapítja a rendszert. A motor fordulatszámának a változtatásával a rezonancia könnyen létrehozható. Nehéz azonban szemmel az A és B test mozgását egyszerre figyelni ahhoz, hogy megállapítsuk a fázisviszonyokat. Ha az *9.1. ábra* szerint a két tárgy képét egymás mellé vetítjük, akkor könnyen észlelhetjük a fázisviszonyokat.

9-1.ábra

A vetítés mellett ma már természetesen a *videó* az, amely a bemutatott kísérlet egyes részleteit megfelelő nagyítással tudja mutatni. A video alkalmas arra is, hogy a rögzített jelenséget lassítva játsszuk vissza.

Alapkísérlet annak megmutatása, hogy súlytalanságban nincs felhajtóerő. Átlátszó műanyag edényben pingpong labdát fonállal az edény aljához rögzítjük. Az edényt létráról vagy erkélyről leejtjük, s gondoskodunk róla, hogy a labda rögzítése megszűnjön. A hallgatóság figyeli, hogy hogyan ejtjük, hogyan kapjuk el az edényt, csak azt nem figyeli, hogy a rövid esési idő alatt milyen mozgást végez a pingpong labda. Ha a kísérlet után bemutatjuk az edényről készült videó filmet, esetleg még lassítva is, akkor jól látszik, hogy az esés alatt a pingpong labda az edény fenekén marad.

A láthatóság, pontosabban az érzékelhetőség fokozásának egyik módja, hogy a kísérletet egyszerre *több érzékszervvel érzékeltessük*. Ez akkor fontos, ha egyszerre több részletet kell figyelni. Ha hangtani kísérletnél a hanghullámok észlelését mikrofonnal végezzük, akkor a mikrofon áramát vagy műszerrel mérjük, vagy oszcilloszkóp ernyőjén figyeljük, vagy hangszórón keresztül hallgatjuk. Az első két esetben pontosabb a leolvasás. Ha azonban csak elhajlási maximumokat, vagy minimumokat keresünk, akkor praktikusabb a hangszórót hallgatni és szemünkkel a mikrofon helyzetét követni.

Periodikus mozgásokat *stroboszkóp* segítségével tehetünk láthatóvá. Stroboszkópikus megvilágítással "lelassíthatjuk", esetleg "meg is állíthatjuk" a gyors periodikus mozgást végző testet. Hangvilla szárának a mozgása jól követhető stroboszkópikus megvilágítással.

Kis elmozdulások *mutatókkal* tehetők láthatóvá. Torziós szálra helyezett tükör kis elfordulása fénymutatóval nagy mértékben felnagyítható. Lézer használata esetén közben nem kell a termet elsötétíteni.

Papír *lovasokkal*, zászlókkal a húrokon keletkező állóhullámok tehetők láthatóvá.

Festéssel az eszköz lényeges részét emelhetjük ki. A fénysugarak levegőben füsttel vagy krétaporral tehetők láthatóvá. A vízbe fluoreszceint kell tenni, hogy jól látható legyen a fény útja.

Megvilágítással is segíthetjük az eszközök láthatóságát. Húrokon keletkező állóhullámok jól láthatóvá tehetők, ha áramot vezetünk a huzalba. A csomópontokban izzik, a duzzadási helyeken a levegővel történő nagyobb hőátadás miatt kevésbé izzik a huzal.

A demonstrációs kísérletekkel szemben támasztott másik követelmény az *egyszerűség*. Kétféle értelemben beszélhetünk egyszerűségről Az egyik, amit elvi egyszerűségnek nevezhetünk, azt jelenti, hogy a kísérletet, a kísérleti eszközt könnyű legyen megismerni és megérteni. A másik értelemben technikai egyszerűségről beszélünk, vagyis legyenek az eszközök egyszerűen, gyorsan kezelhetők. Sok tanszergyártó cég erre törekszik. A tanárnak így könnyebb a kísérlet beállítása. Sajnos sokszor előfordul, hogy ilyenkor magának az eszköz működésének a megértése válik nehézkessé. Egy példán igyekszünk a problémát megvilágítani.

Bemutatunk két kísérletet a csillapított rezgések demonstrálására. Az egyik a 2. ábrán látható. A T test az R rugóra van függesztve. A testhez rögzített K korong vízben

mozoghat, ezzel biztosítja a sebességgel arányos csillapító erőt. A testen átszúrt injekciós tűvel színes folyadékot fecskendezhetünk a test mögött függőleges síkban elhelyezett, vízszintes irányban állandó sebességgel mozgó papírra. A *9.3. ábra* mutatja a test kitérés-idő grafikonját. A görbe akkor lesz szép, ha megakadályozzuk a rugó torziós rezgését. A testre helyezett vízszintes pálcika két vége azért van gumiszállal rögzítve. A kísérlet elvileg egyszerű. A tanuló minden lényegest lát. A kísérlet beállítása technikailag bonyolult. A csillapítás változtatásához ki kell cserélni a korongot. Minden kísérlethez tiszta papírt kell tenni a mozgó háttérre.

9-2.ábra

A csillapított rezgés demonstrálása

9-3.ábra

Csillapított rezgőmozgást végző test kitérés-idő grafikonja

A másik kísérlet technikailag nagyon egyszerű. Egy érzékeny galvanométer (kis áramerősséget mérő műszer) tükrére lézerfényt vetítünk. A lézer egy skála előtt mutatja a műszer kitéréseit. Ezeket le kell olvasni, és az amplitúdókból a csillapodási tényező számolható. Mivel a galvanométer tekercse elektromágnes mágneses terében mozog, így az örvényáramok által okozott csillapodás arányos a szögelfordulással. A kísérlet előkészítése egyszerű, egy műszer, egy lézer és egy skála kell hozzá. A tanulók azonban csak a mozgó lézerfoltot látják, és nagyon keveset értenek abból, hogy mi történik. A lényeg, a műszer működése el van rejtve. A két kísérlet talán szemlélteti, hogy ha a tanárnak van választási módja, akkor az előzőt, az elvileg egyszerűbbet kell választania.

A demonstrációs kísérletnek *meggyőzőnek kell lenni*, és *megbízhatóan kell működni*. Nem kezdhetünk neki úgy egy kísérletnek, hogy az vagy működik, vagy nem. A működő kísérletet néha azért mutatjuk be, hogy újabb effektusra hívjuk fel a figyelmet. A 4. ábrán látható kísérletet a Bernoulli-törvény igazolására szoktuk bemutatni. A kisebb keresztmetszeten a nagyobb sebesség miatt nyomáscsökkenés lép fel. Ha fordított irányban áramoltatjuk a levegőt, akkor a kísérlet nem működik! Természetesen azért mutatjuk be a kísérletet ilyen irányból, hogy felhívjuk a figyelmet a belső súrlódásra. A Bernoulli-egyenlet a súrlódásmentes áramlásra igaz. Az első esetben is volt belső súrlódás, de az akkor segítette az effektust (csökkentette a nyomást), a második estben a Bernoulli-törvény miatt növekedni kell a nyomásnak, a belső súrlódás miatt csökken, így nem látunk változást. Nincs nem sikerült kísérlet, csak az lehet a baj, hogy az a mellékeffektus, amiről nem akarunk beszélni, erősebb, mint a bemutatandó hatás. Az ilyen jelenségeket el kell magyarázni, a zavaró hatásokat meg kell szüntetni, és a kísérletet meg kell ismételni. A sűrűn előforduló sikertelen kísérlet többet árt, mintha nem kísérleteznénk.

9-4.ábra

A demonstrációs kísérletnek két szempontból kell *érdekesnek* lenni. Az egyik az, hogy felkeltse a tanuló figyelmét, a másik, hogy az érdekességgel valamilyen érzelmi hatást sikerüljön kiváltani. Mindazok az ismeretek, amelyek élénk érzelmi hatást keltenek, vitathatatlanul mélyebben érintik a gyermeki személyiséget, és ennél fogva annak organikus fejlődésében sokkal inkább aktív szerepet játszanak, mint az érzelmi kapcsolatoktól megfosztott ismeretek. Az érdekes kísérlet a további kísérletek iránt is felkelti az érdeklődést, és élénkebbé teszi az órát. Ha gyors forgású papírkoronggal fát fűrészelünk, az nagyon érdekes. Felhívja a figyelmet a körmozgásra és forgó mozgásra, de ezek megtanítására további kísérleteket kell bemutatni.

Általában rövid idő alatt nagy mennyiségű tananyagot kell megtanítanunk. Emiatt a demonstrációs kísérletek *időtartama rövid kell legyen***.** A modern demonstrációs eszközök már ezen igény figyelembe vételével készülnek. Sajnos ezért sokszor a technikai részletek láthatatlanná válnak, és így az eszköz működésének elve már nem egykönnyen érthető meg.

A demonstrációs kísérletek is, az előzőknek megfelelően, több szempontból osztályozhatók (itt részben más szempontokat veszünk figyelembe):

1. A kísérletek *célját* tekintve beszélhetünk *verifikáló, motiváló, és egy elmélet kidolgozását szolgáló* kísérletekről. (Vegyük észre, hogy nem beszélünk olyan típusról, amely elméletek felfedezéséhez vezet!)
2. A kísérlet *formája* szerint megkülönböztetünk *kvalitatív* és *kvantitatív* kísérleteket.

Verifikáló kísérletről akkor beszélünk, amikor egy speciális esetben a már megismert törvényt szeretnénk alátámasztani. Hangsúlyozni kell, hogy nem ezzel az egyetlen kísérlettel igazoljuk a törvényt, ezt a fizikusok előttünk már megtették, vagy a törvényt elméleti úton levezették. Az adott kísérlet csupán lehetőség arra, hogy megmutassuk, milyen módszerrel, rendszeres méréssel verifikálható a törvény.

A *motiváló* kísérlet esetén olyan, lehetőleg minél látványosabb, a megismerendő összefüggésekre élesen rámutató bemutatásra van szükség, amely felkelti a gyerekek érdeklődését, mozgósítja az adott jelenségvilággal kapcsolatos előzetes elképzeléseiket. Jól ismert példa az elektrosztatika tanításának kezdetén meglepő, érdekes jelenségek bemutatása. Felkelti a gyerekek érdeklődését az is, ha megmutatjuk azt, hogy egy kettőskúp miként gurul fel a két lécből készített lejtőn.

Az *elméletek kidolgozására szolgáló* kísérletek akkor szükségesek, amikor már megismertük ugyan a törvényt, de a részleteket, az alkalmazás lehetőségeit még nem. A gyerekek számára nem könnyű feladat egy-egy elmélet következményeinek logikai levezetése, illetve a témakörbe tartozó jelenségek logikus magyarázata. Az ide tartozó jelenségek bemutatása, a megmagyarázásukra való felszólítás segítheti az adott paradigma keretében való gondolkozás fejlődését.

A deformáció terjedésére szolgál a következő egyszerű kísérlet. Kb. 1 méter hosszú fém rudat az *9.5. ábra* szerint asztalhoz rögzítünk. A rúd egyik végéhez felfüggesztett pingponglabda ér. Ha a rúd másik végét egy kalapáccsal megütjük, akkor a pingponglabda kimozdul, mutatva, hogy az ütéskor keletkezett deformáció a rúdban tovább terjedt. Az ampermérő működésének az elvét szemléltethetjük, ha torziós szálra

tekercset függesztünk. A tekercs mágneses térben van, így ha áramot kapcsolunk rá, akkor az áram mágneses hatása miatt kitér.

9-5.ábra

A deformáció terjedésének demonstrálása

A jelenség, eszköz vagy törvény részletesebb *tanulmányozására* szolgáló kísérleteket már más kísérletek bemutatása előzte meg. Az alapjelenséget már ismerjük, de további ismereteket szeretnénk szerezni. Például ha az említett deformáció terjedését szemléltető kísérletet úgy végezzük el, hogy a pingponglabda helyett piezoelektromos kristályt használunk, és a kalapáccsal való ütéskor (érintkezésekor) egy feltöltött kondenzátort sütünk ki, akkor megfelelő elektronikus órával a deformáció terjedési sebességét is lemérhetjük. A mért eredmény ismeretében megtudhatjuk, hogy a fém milyen adataitól függ a terjedési sebesség.

Az árammérő működésének az elve után bemutathatunk egy ténylegesen működő forgótekercses ampermérőt. Tanulmányozhatjuk, hogy a műszeren van egy spirálrugó, amely fékezi a tekercs elfordulását, van egy mutató, amely a skálán szemlélteti a mért értéket. Lehet a tekercs mellett egy másik tekercs, amely mivel mágneses térben mozog, csillapítja a műszer lengését.

A sebesség *fogalmának* a kialakítása nehéz. A $\Delta s/\Delta t$ hányados értékeinek határértékhez való tartása matematikai fogalom. Ha azonban tudunk olyan kísérletet végezni, hogy ténylegesen lemérjük a Δs és a Δt értékeket, és ebből számoljuk a hányadost, akkor kézzelfoghatóvá válik, hogy ezek az értékek közelítenek egy számhoz. A kocsi sínen mozog. A sín egy adott pontjában vagyunk kíváncsiak a pillanatnyi sebességre. E pont környezetében kijelöljük a Δs távolságot. A távolság kezdetén, és végén a mágneshez vaslemez érintkezik. Amikor a kocsi a mágnes lemezéhez ér, akkor a lemez elmozdul, megszakad az áramkör, és mérni kezd az elektronikus óra. Amikor a kocsi a második mágnes lemezéhez ér, akkor a másik áramkör szakad meg, és ez megállítja az órát. Az óra tehát a Δs útszakasz megtételéhez szükséges Δt időt méri.

A felsorolt kísérletek egy része *kvalitatív* volt. Elmozdult a pingponglabda, elfordult a mágneses tekercs. Nem történt tényleges mérés, csak a jelenség *minősége* látszott. A demonstrációs kísérletek nagy része ilyen.

A fent leírt példák közül vannak olyanok, amelyek esetében fizikai mennyiségeket mértünk, mennyiségi összefüggéseket használtunk. Az ilyen kísérleteket nevezzük *kvantitatív* kísérleteknek. Laboratóriumi méréseknél mindig mérünk. Demonstrációs kísérletként ritkán végzünk mérést. A demonstrációs műszerek kevésbé pontosak. Egy összefüggés igazolásához sok adatot kellene mérni, erre nincs idő. A kvantitatív kísérletekkel sokszor csak az a célunk, hogy megmutassuk, hogy hogyan lehetne pontosan mérni.

Az elmondottakból talán látható, hogy a *kísérletek kiválasztása* is komoly feladatot jelent a tanár számára. Az igazi feladat azonban a demonstrációs kísérletek *előkészítése* és *bemutatása*.

9.2. Bemutatás

A szemléltetés másik módja a bemutatás. A *bemutatás képszerű jelenség*. Nincs mozgás, nem működik az eszköz. Bemutathatunk valódi tárgyakat, műszereket, gépeket, ezek másolatát, utánzatát, szétszedett vagy kipreparált eszközöket, fényképeket stb. Általában akkor alkalmazzuk, ha az eredeti tárgy, műszer stb. nem vihető be az osztályba. Sokszor csak az alkatrészekre vagyunk kíváncsiak.

A tudományos megismerés lényeges fogalma a *modell.* Lényegében a bemutatás során is modelleket használunk. A modell szó jelentése a természettudományokban és tanításukban azonban többféle lehet. Most csak mint a valóság olyan egyszerűsített másaként értelmezzük, amelyen az eredeti tárgy, test, rendszer tulajdonságai tanulmányozhatók.

A modell szónak azonban több más jelentése is van. A fizikában nagyon sok fogalom maga is modell, például a tömegpont, a merev test. Különösen az atommodellek megalkotása során válik ez nyilvánvalóvá.

A kísérletezésben fontos szerepük van a modellkísérleteknek. Amikor a forgótekercses árammérő működésének a bemutatásáról beszéltünk, akkor is modellt használtunk. Modell az, amikor a szilárd testek alakváltozásait habszivacs deformálásával mutatjuk be. A habszivacs nem szilárd test, de az alakváltozásai hasonlóak, és mivel nagyobbak, jobban láthatók, mint a valódi deformációk. Demonstrációs kísérletezésnél sokszor használunk modelleket.

9.3. Film, videó, számítógép, CD

A szemléltetés legkényelmesebb módja ma a *videó,* régebben a *film.* Az előre felvett kísérletek biztosan jól sikerülnek. A számítógépen beprogramozott függvény biztosan azt az összefüggést mutatja, amit akarunk. Az előkészítés nem okoz nehézséget.

Ezek a lehetőségek komoly segítségek a fizikaoktatásban. Sokszor nélkülözhetetlenek. Nem vihetünk be hidat az osztályba, hogy a rezonanciakatasztrófát bemutassuk. Atomerőműveket, nagy gyorsítókat stb. csak vetítéssel tehetünk láthatóvá.

Lényeges azonban, hogy ezek a kényelmes eszközök *nem helyettesíthetik a kísérleteket*. Nem szabad videón olyan kísérletet bemutatni, amely egyszerűen elvégezhető. Egy rugóra függesztett test mozgását be kell mutatni. Ha azt is be akarjuk mutatni, hogy itt a kitérés az idő szinuszos függvénye, és erre van filmünk, vagy számítógépes programunk, akkor a bemutatással időt spórolunk meg, és az elkészített görbe is szebb lesz, mint amit magunk készítenénk.

A *számítógépet* használhatjuk, mint kísérleti eszközt, vagy mint segédeszközt A számítógéppel a jelenségeket szimulálni tudjuk, az összefüggéseket bemutathatjuk, a függvényeket ábrázolhatjuk. A kísérletezésben fontosabb, ha a számítógépet, mint mérőműszert alkalmazzuk. Megfelelő interface - ek alkalmazásával időmérésre, hőmérsékletmérésre, feszültségmérésre, stb. használhatjuk. Nem beszélve arról a nagy előnyről, hogy a gép az adatokat rendszerezi, a számításokat elvégzi, és végül a mérendő összefüggést, mint függvényt ábrázolja.

A CD a jövő, mert egyesíti az eddig elmondottakat, kiegészítve azzal, hogy könyvtár, táblázat és hanglemez is. Napjainkban egyre nagyobb teret hódít a multimédiás eszközök felhasználása az oktatásban. A multimédia azért segítheti hatékonyan a maga eszközeivel a természettudományos megismerést, mert a jelenségek olyan szintjét lehet az érzékelés, a megfigyelés számára megragadhatóvá tenni, amelyek a természeti jelenségek egyes jellegzetességei miatt (pl túl gyorsan zajlik le stb.) sokszor rejtve maradnak a tanulók előtt. Semmiképpen se feledjük el azonban, hogy a jelenségek szemléltetésére a kísérletek, megfigyelések a legalkalmasabbak. A multimédia-anyag ezt csak kiegészítheti, de semmiképpen nem pótolhatja.

Milyen jellegű multimédiát válasszunk, mit várunk el ezektől?

Természettudományos modell működtetéséhez használhatók az interaktív szimulációt tartalmazó CD-k. Fontos, hogy a tanulók ténylegesen működtethessék a modellt, „játszhassanak" vele, kísérletezzenek a paraméterek különböző beállításával. Így ellenőrizhetik saját elképzeléseiket a modell működésével kapcsolatban. Ilyen lehet például a különböző mozgások mint pl. a hajítások, lefolyásának tanulmányozása, de esetleg űrhajó pályaelemeinek, a repülés kezdeti feltételeinek kiválasztása stb. A tanulók a bemutatás során esetleg csoportmunkában is dolgozhatnak.

Forgalomban vannak már különböző multimédiás feldolgozású példatárak, melyek inkább egyéni tanulásra, önellenőrzésre alkalmasak. Célszerű olyat választani tanulóink számára, amelyben elérhetőek a megoldások is, részletes magyarázatokkal ellátva.

Egyre több iskolában elérhető már az Internet, melyet szintén érdemes bevonni a tanulási folyamatba. Sokan szeretnek már napjainkban tanulóink közül keresgetni a web-oldalak között. Ezt célszerűen ki is használhatjuk, ha konkrét információk megkeresésére, különböző adatgyűjtésekre kérjük meg ezeket a diákokat. Pl. az ózonvékonyodás aktuális állapotával kapcsolatban kereshetnek naprakész információkat, de érdekes feladatokat is találhatnak, önálló bemutatókat tarthatnak amennyiben megfelelő helyen (hálózatra kapcsolt számítógép található a helyiségben) lehet tartani az órát stb. Ezzel motiváljuk tanítványainkat a fizika tanulására és egyben példát is mutatunk számukra a hálózat lehetséges felhasználásra.

Feladatok

1. Hasonlítson össze néhány, forgalomban lévő fizika tankönyvet a bennük lévő kísérletek számát tekintve!
2. Tervezzen meg olyan órát, amelynek tanulókísérleti része is lesz! Készítsen alternatív tervet arra az esetre, ha az iskolában nincsenek meg a szükséges eszközök!
3. Készítsen tematikus tervet a fizika egy kiválasztott fejezetének tanításához, és tervezze meg az eközben felhasznált kísérleti és egyéb szemléltető eszközöket!
4. A fizika egy kiválasztott területéhez készítse el egy multimédiás program forgatókönyvét! Gondolja át a következőket: milyen jellegű információkat tartalmazzon a program, kik részére készül, egyéni-, csoportos-munkához, vagy órai demonstrációra, milyen hypertextes elemek lennének benne stb.
5. Keressen az Internet-hálózaton a fizika oktatásához kapcsolódó szakanyagokat! Gondolja át minden esetben, hogy ezeket hogyan építené be tanítási gyakorlatába!

6. Keressen kereskedelmi forgalomban, vagy közoktatásban már használatban lévő CD-ket és elemezze azokat tanulói felhasználhatóság szempontjából!

Felhasznált irodalom

B.Barnes, D.Bloor, R.Boyd, R.Carnap, P.K.Feyerabend, C.J.Hempel, T.S. Kuhn, K.R. Popper, V.O.Quine, H.Reichenbach és Laki János (1998 szerk.): *Tudományfilozófia.* Osiris Kiadó, Budapest.

Budó Ágoston (1975): *Kísérleti fizika I.* Tankönyvkiadó, Budapest.

Comenius (1992): *Didactica Magna.* Halász és fiai kiadása, Pécs.

Csákány Antalné (1995): *Fizika módszertan laboratóriumi gyakorlatok*. Főiskolai jegyzet ELTE TFK, Budapest.

Erichson, C.W. (1965): *Fundamentals of Teaching with Audiovisual Technology.* The Macmillen Company, New York.

Juhász András (szerk. 1995): *Fizikai kísérletek gyűjteménye I. II.* Tankönyvkiadó-TYPOTEX, Budapest.

Párkányi László (szerk. 1964): *Jegyzet a IV. éves fizika szakos tanárjelöltek demonstrációs gyakorlatához.* Jegyzetellátó Vállalat, Budapest.

Polányi Mihály (1962/1994): *Személyes tudás* I.-II. Atlantisz Kiadó, Budapest.

Poór István (1968): *Demonstrációs kísérletek a fizikaoktatásban.* Egyetemi doktori értekezés, ELTE TTK Budapest.

Poór István (1969): *Előadási kísérletek.* Tankönyvkiadó, Budapest.

Poór István (1977): Fizikai laboratóriumi mérések I. éves fizikai tanárszakos hallgatók részére. Tankönyvkiadó, Budapest.

Poór István(1989): *Fizikai laboratóriumi mérések II.* Tankönyvkiadó, Budapest.

Veidner János (1977): *Demonstrációs gyakorlatok.* Tankönyvkiadó, Budapest.

Zátonyi Sándor (1990): *A fizika tanulása és tanítása az általános iskolában.* Tankönyvkiadó, Budapest.

10. A FIZIKA TANÍTÁSÁNAK TERVEZÉSE

WAGNER ÉVA

A fizikatanítás tervezése során - csakúgy, mint más tantárgyak esetén -, számos tényezőt kell figyelembe vennünk. Ami miatt a fizikatanár feladata a tervezés során mégiscsak némileg különbözik a többi tanár munkájától, az nem kizárólag a tantárgy által közvetített műveltségtartalomban rejlik, hanem abban, hogy egyfelől ma már igen sokat tudunk az e tantárgy eredményes tanításához szükséges gyermeki elképzelések alakulásáról, másfelől pedig az, hogy hazánkban sajnos évek óta a fizika a diákok egyik legkevésbé kedvelt tantárgya. E következő fejezetben bemutatjuk, hogy a fizikatanítás tervezése során milyen szempontok, ismeretek figyelembevételére van szüksége a tanárnak, s a tervezés milyen lépésekben végezhető el.

A pedagógiai munka tervezését alapvetően három fontos tényező határozza meg:

- az adott tanulóközösségben milyen viszonyrendszerek, értékek, tanulási szokások léteznek.
- a tanterv,
- a gyerekek előzetes tudása,

Ebben a fejezetben ahhoz adunk segítséget, hogyan lehet e fontos tényezők figyelembevételével a tanári munkát megtervezni. Nem gondolhatjuk azonban azt, hogy olyan kész tervet tudunk kínálni, amely alapján saját erőfeszítések nélkül, bárki megkezdheti a tanítást.

10.1. A tanulók tanulási szokásai, együttműködési képessége, a közösségben kialakult viszonyrendszerek hatása a tervezésre.

A tervezést alapvetően meghatározó tényezők között ritkán szokták említeni a diákok tanulási, együttműködési technikákkal kapcsolatos tudását. Ez pedig nagyban meghatározza, hogy milyen módszereket válasszunk, illetve, hogy az egyes tevékenységek elvégzésére mennyi időt szánjunk (Hunyadyné-M. Nádasi, 2000, M. Nádasi 2001). Hiszen például hiába tervezünk meg kiválóan egy differenciált csoportmunkát, ha a diákok nem ismerik az együttműködés elemi szabályait. Természetesen a fizikatanár feladatai közé tartozik az is, hogy minden olyan tanulás-szervezési formát, tanulási technikát megtanítson diákjainak, amely hozzájárul a tantárgy eredményes tanulásához. Arról, hogy milyen tanulásszervezési módok segíthetik az elsajátítási folyamatot, a módszerekkel foglalkozó fejezetben találunk leírást. Az a fejezet nyújt segítséget abban is, hogy hogyan tanítsuk meg diákjainknak az

együttműködés elemi szabályait, s a kiválasztott tanulási technikákat. Mint arról a tanulásszervezéssel foglalkozó fejezetben már szó volt, a módszer megválasztásakor fontos szerepet játszik a tanárnak a tanulóközösség aktuális állapotáról szóló tudása. A következő a fejezetben részletesebben azzal a kérdéssel foglalkozunk, hogy a fizikatanítás tervezésekor hogyan célszerű figyelembe venni a tantervi követelményeket és a gyermeki elképzeléseket.

10.2. A tantervek szerepe a tanári munka tervezésében

Vizsgáljuk meg először, hogy milyen a tanterv. A tanterveknek lényegében két nagy csoportja terjedt el a gyakorlatban, a szabályozó más néven előíró típusú, és a kurrikulum típusú tanterv. A kurrikulum típusú tantervnek hazánkban nincs nagy hagyománya, bár az elmúlt évtizedekben készültek ilyenek. Ezek a tantervek tartalmazzák a tanítandó tananyag és a követelmények leírásán túl az ajánlott tanári módszereket, valamint az értékeléshez is konkrét útmutatást adnak. A tananyag kijelölésén túl tartalmaznak tevékenység leírásokat, csoportmunkára vonatkozó javaslatokat, részletes tanóra-forgatókönyveket, téma-ötleteket, az ezek megvalósításához szükséges feladatlapokat, a méréseket és azok javítási kulcsait, esetenként CD-t, írásvetítő fóliát, videofilmet, vagy más taneszközöket is. A kurrikulum típusú tanterv tehát segíti a tanárt mindennapi pedagógiai munkájában, anélkül, hogy a módszereket illetően túlságosan megkötné a kezét.

Hazánkban az előíró, szabályozó típusú tanterv terjedt el. Ez a tanterv meghatározza a tanítandó tananyag témaköreit, gyakran bizonyos minimális tanulói tevékenységeket is előír, s általában a követelményekkel kapcsolatosan is tartalmaz előírásokat. Ilyenek a közoktatásban a mindenkori kormányzat által kibocsátott tantervek.

A közoktatásban mindig létezik egy elfogadott, minden iskolára érvényes (esetleg iskolatípusokra különböző) központi tanterv. Ezt a szerepet a közelmúltban a *NAT* (Nemzeti Alaptanterv- Oktatási Minisztérium, 1996) töltötte be, ezt követően pedig a *Kerettanterv* (Oktatási Minisztérium 2000a,b). Ezek a központi szabályozó dokumentumok lényegében kijelölik a tanítandó tananyagot, amely így a különböző iskolákban folyó tanítási folyamatok során megtárgyalt témaköröket határozza meg. A központi tanterv alapján az iskolák elkészítik a helyi tanterveiket, amelyekben a központilag előírt témakörök helyi feldolgozása, értelmezése történik meg. Ezek a helyi tantervek az iskolák pedagógiai programjának részét képezik, amiket a nevelőtestületek készítenek és fogadnak el, s egy meghatározott közigazgatási eljárás során a fenntartók is elfogadnak. Az így elkészített pedagógiai programokat meghatározott időközönként felülvizsgálják, szükség esetén módosítják (Ballér 1996, Káldi – Kádárné Fülöp, 1996). A helyi tantervben szereplő tantervek, így a fizika tanterv is, a legtöbb iskolában szintén szabályozó, előíró jellegű. Mint látható, a tananyag témakörei rendszerint hosszabb időszakra adottak, és csak meghatározott eljárás során változtathatók meg.

Azt gondolhatnánk, hogy a fizikatanítás tervezése során szinte nincs is más feladatunk, mint egyszer a rendelkezésre álló tanítási órákra szétosztani a tananyagot és

azután a tanárnak már csak tanítani, a diáknak meg csak tanulni kell. A helyzet azonban nem ez.

Amikor a tanterv tervezésben betöltött szerepéről beszélünk, legtöbben pusztán azokra a témakörökre gondolnak, amelyeket az egyes évfolyamok számára a dokumentum kijelöl. Ezek a témakörök azonban nem jelentik a teljes tantervet, inkább csak kijelölik azt a terepet, ahol a tanárnak és a diáknak lehetősége van eszmét cserélni az élettelen természettel kapcsolatos ismeretekről. Az előbb említett tantervek nem jelölik ki azokat a módszereket, amelyek a tanítás során alkalmazásra kerülnek, és a legtöbb esetben nem határozzák meg egyértelműen az elsajátítás mélységét. Mindezeknek a kérdéseknek az eldöntése tehát a tanár feladata, ehhez szükséges a megfelelő színvonalú, átgondolt, pedagógiai tervezőmunka.

Ha pusztán a tanterv tananyag kijelölése alapján kellene terveznünk a tanítási folyamatot, nem lenne szükség arra, hogy évről évre újragondoljuk munkánkat. Ezt a tervezést egyébként is elvégzik helyettünk a tankönyvek, amelyek egy szerző, vagy egy szerzői csoport értelmezését tükrözik a központi tanterv tartalmaival kapcsolatban. A tankönyv tehát nem maga a tanítandó tananyag, csak annak egy értelmezése, amely természetesen fontos segítője lehet a tanulási folyamatoknak. Azt is gondolhatnánk, hogy a fizikatanár feladata nem más, mint megtalálni a megfelelő tankönyvet, és alkalmazni a tanítás során.

A valóság azonban szerencsére sokkal izgalmasabb annál, mint a tankönyv kiválasztása, hiszen mint arról már könyvünk más fejezeteiben szó esett, a gyerekek tudása, érdeklődése, tapasztalatai rendkívül különbözőek, és az ezzel kapcsolatos tanári tudást a legjobb tankönyv sem pótolhatja. Ugyanakkor sok szempontból fontos, hogy milyen tankönyvet választunk, mert annak szemlélete, felépítése, a benne kijelölt feladatok, a felvetett problémák sokat segíthetnek munkánkban. A tankönyvkiválasztás szintén a tanári munka része, így szükséges, hogy minden időszakban ismerjük a forgalomban lévő tankönyveket. A tankönyveket a könyvkiadók hozzák forgalomba, és meghatározott procedúra során minősítik azokat. A tankönyv kiválasztása során célszerű olyan tankönyvet, vagy tankönyvcsaládot választani, amely a lehető legjobban illeszkedik az iskola helyi célkitűzéseihez. Fontos szem előtt tartanunk azonban azt, hogy a fizikatanár munkáját nem a tankönyv, hanem végső soron a tantervek és a gyerekek tudásának aktuális állapota határozza meg.

10.3. A tanulók előzetes tudásának hatása a tanári tervezőmunkára

A tanterveknek a tananyag felsorolásán túl van egy, a követelményeket kijelölő része is. Ebben a részben a természettel kapcsolatos elméleti ismeretek, és bizonyos tevékenységekben való jártasság kijelölése történik. Amikor a helyi terveket az iskolákban dolgozó pedagógusok elkészítik, akkor a módszerek megválasztásán túl, elsősorban a követelmények szintjének, az elsajátítás mélységének kijelölésében van módjuk saját elgondolásaik és lehetőségeik megfogalmazására. Amikor a helyi tanterv alapján elkészítjük egy osztály tanulási tervét, akkor ezekhez a dokumentumokhoz

igazodva kell figyelembe vennünk azt, hogy az adott tanulócsoport hol tart a fizikai ismeretek elsajátításában.

A fizikatanítás tervezése során témáról témára lépve újra kell vizsgálnunk azt, milyen is a gyerekek előzetes tudása, mire építhetünk, mit kell esetleg a tantervben leírtak tanítása érdekében még megbeszélni az egyes gyerekcsoportokkal. Előzetes tudáson, mint arról a gyermektudományokkal foglalkozó fejezetben olvasni lehet, nem pusztán a témában korábban tanult ismereteket értjük. Fontos kérdés, hogy a diákok milyen mélyebb, belső képekkel rendelkeznek a tanítandó tananyaggal kapcsolatban, másképpen fogalmazva, milyen gyermektudományi elképzelések, milyen elméletek befolyásolják válaszaikat. A gyermektudománnyal, az előzetes tudással kapcsolatos legfontosabb ismereteket külön fejezetben tárgyaltuk. Az ott leírtak alapján képet alkothatunk arról, milyen nagyobb elmélet-csoportok, gondolati rendszerek elemeiből építkezhetnek tanítványaink az egyes fejezetek tárgyalása előtt és alatt. Ne gondoljuk ugyanis, hogy amint elmondjuk a diákoknak a közvetíteni kívánt elképzelést, törvényt, azok azonnal elfelejtik korábbi „naiv" elképzeléseiket. A gyerekek fejében még sokáig versengenek a különböző elméletek, gyakran váratlan, meglepő rendszerekké kovácsolódnak össze. A gyermeki gondolkodás sokkal színesebb annál, mintsem néhány tipikus „tévképzet" kategóriájába zárhatnánk, így aztán arra kell számítanunk, hogy diákjaink válaszai a gyermektudomány fejezetben leírtak legváltozatosabb kombinációi alapján születnek.

Ahány gyereket tanítunk, annyiféle különböző világgal van dolgunk a fizika szempontjából fontos ismeretek terén is. Feltehetjük a kérdést, hogy akkor hogyan lehet ezt a tervezésnél figyelembe venni, és hogy lehet-e egyáltalán? A tanárnak egész osztályt kell tanítani, munkája egy egész csoportra irányul, hogyan boldogulhat akkor 30-35 külön világgal? Szerencsére a helyzet a tanítás szempontjából a gyakorlatban egy kissé egyszerűsödik. A gyerekek fejében valóban megannyi külön világ konstruálódik meg, de a vizsgálatok azt mutatják, hogy noha az egyes gyermekek fejében létrejövő tudásrendszerek nem teljesen egyezőek, de a tanítás szempontjából képezhetőek olyan csoportok, amelyekben a gyerekek nagyon hasonlóan gondolkodnak. Így többnyire egy-egy osztályban 2-8, a tanítandó témáról lényegesen különbözően gondolkodó csoport adódik. Így már lényegesen biztatóbb a kép a tervezés szempontjából. Az, hogy a hasonlóan gondolkodó gyerekek egy csoportba kerüljenek-e, vagy éppen úgy szervezzük meg a csoportokat, hogy azokat a lehető legkülönbözőbben gondolkodó diákjaink alkossák, tanári döntés kérdése. Hogy mikor melyik az eredményesebb azt rendkívül nehéz megjósolni, a következőkben megpróbálunk a döntéshez segítséget nyújtani.

A tanári tervezőmunka célja, hogy hozzájáruljon ahhoz, hogy a tanterv által kijelölt témaköröket az adott osztály tanulóival a legjobb eredménnyel elsajátíttassuk. Ebből a szempontból alapvető kérdés, hogy milyen elméletek határozzák meg diákjaink gondolkodását a tanítás megkezdése előtt. Annak érdekében, hogy erről megfelelő képet kapjunk *diagnosztikus vizsgálatot* kell végeznünk. A diagnosztikus vizsgálatot sokféle módon elvégezhetjük.

Ha egy osztályt, tanulócsoportot újonnan kezdünk el tanítani, akkor általában célszerű egy átfogó, diagnosztikus tesztet készíteni a tanév során tárgyalásra kerülő nagyobb témakörökkel, illetve az e témakörök tanulásához szükséges alapfogalmakkal

kapcsolatosan. Ennek összeállításához a gyermektudományokkal foglalkozó fejezet szolgáltathat segítséget. Ha a diákok korábban nem tanultak fizikát, akkor a diagnosztikus tesztben a gyermektudomány elemeivel kapcsolatos kérdések szerepelhetnek „csupán", ha már voltak korábban fizika óráik, akkor a gyermektudomány elemeit firtató kérdéseken túl érdemes rákérdezni a korábban tanult iskolás tudásukra is. Így arról is képet kaphatunk, hogy az iskolában elsajátított ismeretek milyen körülmények között, hogyan hívódnak elő, előhívódnak-e egyáltalán. Hasznos információkhoz juthatunk, ha a korábban tanult tananyaggal kapcsolatban „iskolás" és gyermektudományi elemeket vizsgáló kérdéseket egyaránt felteszünk.

A diagnosztikus tesztet nem kell osztályozni, vagy a szokásos módon kijavítani. Ezt jó, ha tanítványainkkal is előre közöljük. Ellenkező esetben könnyen olyan helyzetbe kerülhetünk, hogy a diákok egy része inkább semmit sem válaszol a kérdéseinkre, mintsem „rosszat" írjon. Így nem juthatunk olyan fontos információkhoz, amelyekre a tervező munka szempontjából feltétlenül szükségünk van.

A diagnosztikus tesztek értékelésével kezdődik igazából a tanár osztályra szabott tervezőmunkája. Egy jól összeállított teszt kérdéseire adott tanulói válaszok alapján a tanár képet alkothat arról, honnan indulhat el tanítványaival. Ha szükséges, akkor a teszt feladataihoz kapcsolódóan néhány alapvető fogalom értelmezésével kapcsolatban még szervezhetünk frontális, vagy csoportos beszélgetést az osztályban, így pontosíthatjuk, egyértelműbbé tehetjük a gyerekek tudásáról alkotott képünket.

Ha a diákok gondolkodásával kapcsolatban már rendelkezünk átfogó képpel, akkor a diagnosztikus jellegű kérdéseket az újabb témakörök megkezdése előtt kell feltenni. Ilyenkor is általában az a célravezető, ha egyénileg, lehetőleg írásban kérdezzük meg a diákokat, mert így az egyéni válaszokat több alkalommal is áttekinthetjük. Ezek a diagnosztikus kérdések többnyire néhány perc alatt, egyszerűen megválaszolhatók, kiértékelésük is egyszerű.

A tanítás során adódhatnak olyan témakörök, amelyekhez nehéz diagnosztikus feladatot találni. Ilyenkor próbáljunk meg magunk lehetőséget keresni a gyermeki gondolkodás megismerésére, de ne felejtsük el, hogy legtöbbször olyan belső képek megfogalmazását kérjük ilyenkor a diákoktól, amelyeket nagyon nehéz szavakba önteni.

Vizsgálataink eredményeképpen olyan helyzetbe is kerülhetünk, hogy világosan látszik, a tanterv témaköreit csak akkor tudjuk eredményesen megtanítani, ha előzőleg más, alapozó témaköröket is feldolgozunk a fizikaórákon. Ez általában nehéz döntés, hiszen a központi tanterv a legtöbb évfolyamon igen sok témát ír elő, azonban nehezen képzelhető el például az Arkhimédesz törvény eredményes megtanítása olyan osztályban, ahol a tömeg és a térfogat fogalma a tanulók többségénél nem differenciálódott, ráadásul keveredik a sűrűség fogalommal, ezen felül pedig nem értik a tömeg és a súly mennyiségek közötti különbözőséget és kapcsolatot. Ilyen helyzetben át kell csoportosítani a témaköröket, úgy kell megszervezni a tanítási órákat, hogy a gyerekek többségének legyen esélye elsajátítani a legfontosabb alapfogalmakat, az ezeken alapuló összefüggéseket, és a hozzájuk kapcsolódó törvényeket.

Például, ha a fizikatanítás kezdetén a tömeg- és térfogatfogalmak differenciálódását, vagy a Föld alakját firtató kérdésünkre sok, a nem tudományos képet tükröző válasz érkezik, akkor ezekkel kapcsolatban célszerű egy rövid beszélgetésen megismerni mélyebben, hogy mi is van a gyermeki válaszok mögött. Szervezhetjük a

munkát úgy is, hogy a teszt alapján a tömeg-térfogat fogalom differenciálódásának közeli stádiumaiban lévő diákokból alakítunk csoportokat, amelyek a nekik kiválasztott probléma megoldásával foglalkoznak, s a tanár a csoportok munkáját figyelve alkot képet a gyermeki gondolkodás mélyebb rétegeiről. Ilyen szervezésnél a tanár különös figyelemmel segítse azoknak a csoportoknak a munkáját, amelyeknek tagjai a kívánt elképzelés kialakításától még nagyon távol állnak. A Föld-kép alakításával kapcsolatosan eredményes lehet egy olyan szervezés, amely során a csoportokban a legkülönfélébb módon gondolkodó diákok dolgoznak együtt. Így a megfelelően megválasztott feladatok megoldása során azok a diákok, akik már a tudományos képet birtokolják, átadhatják tudásukat a többieknek. Erre azért van jó esély, mert a diákok többsége 12-13 éves korra már megérett a tudományos Föld-kép megkonstruálására.

10.4. Hogyan készül és milyen legyen a terv?

Ha már rendelkezünk megfelelő képpel a diákjaink gondolkodását befolyásoló elméletekről, akkor először is át kell tekinteni a tanterv témaköreit, és elosztani közöttük a rendelkezésre álló tanítási órákat. Egy évre vonatkozóan ez a tanmenet, amely tehát csak a témakörök címeit és a rájuk fordítandó tanórák számát tartalmazza.

Egyidejűleg általában egy téma tervét célszerű részletesen elkészíteni, egy tanév során legtöbbször 3-5 különböző téma szerepel. Az ilyen tervet tematikus tervnek nevezzük, amely a tanterv előírásai, a diákok előzetes tudása, érdeklődése, és tanulási céljaik alapján készül el. Természetesen e terv elkészítése során figyelembe kell venni a helyi adottságokat, a szertár felszereltségét, a kísérleti eszközöket is.

A terv elkészítésénél tartsuk szem előtt, hogy a diákok maguk építik fel tudásukat, s ahhoz hogy ez a folyamat sikeres legyen, minél több, megfelelően választott tevékenységet kell végezniük, olyanokat, melyekben próbára tehetik, alakíthatják, formálhatják tudásukat. A diákok munkáját, vitáit, érvelését figyelve folyamatosan figyelemmel kísérhetjük a gyermeki gondolkodás alakulását. A megválasztott módszereknek nagy a jelentősége a folyamat eredményessége szempontjából. A tanulási folyamatban az egyszerűbb problémák, feladatok megoldását a tanult ismeretek egyre önállóbb alkalmazása követi.

A tervnek tartalmaznia kell a tananyag tartalmi részének feldolgozására szánt tevékenységeket, olyan részletességgel, amelyet magunk számára szükségesnek tartunk. Az egyes fogalmak, törvények, összefüggések elsajátításához gyakran lehet szükség többféle megoldásra. Ezt a tanár a gyerekek tudásának aktuális állapotáról alkotott ismerete alapján dönti el. Ha már a tervezés szakaszában látható, hogy a téma elsajátításához többféle feldolgozási mód szükséges, akkor hasznos lehet a tanári tervben rögzíteni azt, hogy melyik megközelítést kik számára terveztük.

Az új anyag feldolgozása során is arra kell törekednünk, hogy folyamatosan legyen információnk arról, hogyan haladnak diákjaink a tananyag elsajátításában. Erre többféle lehetőség is kínálkozik, tehetünk fel például ellenőrző kérdéseket, megfelelő bonyolultságú problémák megoldását is kérhetjük a diákoktól. Ezeknek a tanulási folyamatba illesztett ellenőrzési pontoknak a helyét a tanári tervben ki kell jelölni. Értékelésük nemcsak azért fontos, mert a tanár számára lehetőséget ad a terv

módosítására, hanem azért is, mert a diákok is visszajelzést kaphatnak arról, hogy hol tartanak az elsajátításban.

Az elektromosság tanítása során fontos feladat a zárt áramkör fogalmának alakítása. Ha a tanítás során elérkeztünk egy meghatározott szituációhoz, de még jóval a téma vége előtt vagyunk, célszerű meggyőződni arról, hogy hol tartanak a diákok a megértésben. Ehhez használhatjuk azt a feladatot, amelyben egy meghatározott célra, például vízszint emelkedésének jelzésére, áramkört kell tervezniük a gyerekeknek. A tervezési feladat során nemcsak arról kaphatunk jó képet, hogy mit tudnak diákjaink a kapcsolásokról, de arra is fény derülhet, hogy közülük kiknél nem alakult még ki a zárt áramkör fogalma.

A fizikatanulás során fontos szerepet játszanak a kísérletek és a számítási feladatok. Ezeket mindig nagy gonddal kell illeszteni a tervezett tanulási folyamatba. Soha nem szabad szem elől téveszteni, hogy a kísérletek végzése és a számítási feladatok megoldása nem célja a fizikatanításnak, hanem egy fontos eszköz ahhoz, hogy a diákok természetről alkotott tudása a tudományos elképzelésekhez közeledjen. Ugyanakkor tudnunk kell azt is, hogy a fizika tantárgyban a legtöbb diák számára legvonzóbb dolog a kísérletezés. Ne várjuk azonban azt, hogy diákjaink a kísérleteket elvégezve és megfigyelve mindent azonnal megértenek, és az általunk elvárt módon értelmeznek. A kísérletek végzése és a látottak értelmezése ugyanúgy a bennük létező naiv elméletek által meghatározottan történik, mint bármely más, a fizika órákon születő válaszuk. Ezért fontos kérdés, hogy mikor tervezünk a téma feldolgozása során kísérletet, és hogyan készítjük azt elő. Ha a tanítás során olyan összefüggés megértetése a cél, amely sok diák gondolati rendszerétől távol áll, akkor elsősorban olyan kísérletek elvégzése, jelenségek értelmezése lehet a megfelelő eszköz, amely a diákok elméletrendszerét megingatja.

A diákok többsége a mozgásokkal kapcsolatosan arisztotelészi módon gondolkodik. A newtoni fizika törvényeinek bemutatására kieszelt legjobb kísérleteinket is arisztotelészi módon magyarázzák. A tanulási folyamatot azzal segíthetjük elő eredményesen, ha olyan kísérleteket végzünk, olyan jelenségeket elemeztetünk velük, amelyek értelmezése során kialakuló vita megingatja bennük az arisztotelészi mozgáselméletet.

A fizikatanulás kezdetén a diákok jelentős része az anyagot folytonosnak gondolja. Hiába végeztetjük el velük az anyagszerkezet tanítása során megszokott legjobb kísérleteket, mielőtt a részecskékből való felépítettség elméletét egyáltalán hallották volna, minden tapasztalatot a folytonos anyag elképzelésével magyaráznak majd. Ha a szokásos kísérleteket a részecske-kép megismerése után végezzük el, jó az esély arra, hogy az elmélet megerősödik, hiszen viszonylag könnyen, eredményesen alkalmazható érdekes, hétköznapi jelenségek magyarázatában.

A fizikatanítás során kiemelt szerepet játszanak a számítási feladatok. Fontos, hogy a megfelelő időpontban jól kiválasztott feladatok megoldásával segítsük a megértést. A feladatmegoldás a diákok többsége számára nem könnyű feladat. Olyan feladatokat kell keresni, vagy szerkeszteni, amelyek megoldása a diákok számára érdekes, a végeredmény megismerése is fontos.

Sok témához érdekes feladatok készíthetők az Internetről szerzett grafikonok, vagy egyes csoportok által végzett mérések alapján is. Természetesen a tankönyvek, példatárak feladatai hasznos segítői lehetnek munkánknak, de ne felejtsük el, hogy ezek nem tartalmazhatnak a diákok mindennapi életével kapcsolatos feladatokat.

A tananyag tanítására szánt időt úgy érdemes megtervezni, hogy a téma vége előtt legtöbbször sorra kerülő szummatív értékelés előtt még legyen lehetőségünk korrigálni az esetleges problémákat. Ezt úgy is megtehetjük, hogy a rendelkezésre álló órák ¾ részénél egy próba tesztet, próba dolgozatot íratunk az osztályban, s ennek eredménye alapján az utolsó szakaszt újra, most már a konkrét problémák korrigálására fordítjuk.

A tanári tervezőmunka tanítási – tanulási folyamatba kapcsolódásának sémáját a következőképpen szemléltethetjük:

diagnózis ⇒ terv ⇒ végrehajtás ⇒ ellenőrzés, diagnózis ⇒ terv ⇒

Feladatok

1. Tervezze meg egy, az Ön számára érdekes témakör tanítását, tanulókkal való feldolgozásának lehetőségét! Ennek nem kell feltétlenül olyan témakörnek lennie, amely hagyományosan szerepel a tantervekben. Gondolja át a gyerekek témával kapcsolatos lehetséges előzetes elképzeléseit, készítsen ennek megfelelően diagnosztikus tesztet, majd tervezze meg a feldolgozás lépéseit többféle variációban (a teszt lehetséges eredményének függvényében)! Készítse el a szükséges munkalapokat a differenciált feldolgozáshoz! Gondolja át, hogyan, milyen kérdéseken, tevékenységeken keresztül tud tájékozódni a téma feldolgozása közben a gyerekek aktuális tudásának állapotáról! Válassza ki a lehetséges demonstrációs és tanulókísérleteket!
2. Az e könyvben is fellelhető példák, vagy akár saját elgondolásai alapján tervezzen meg valamely fizikai témakörben egy diagnosztikus felmérést, és gyerekek körében végezze is el! Értékelje az eredményeket, s igyekezzen minél több, a téma tanítására vonatkozó javaslatot megfogalmazni!
3. Csoportmunkában mérjék fel néhány fizikatanár tervezési gyakorlatát! Készítsenenk interjúvázlatot, bonyolítsák le a felmérést és közösen értékeljék az eredményeket! Készítsenek kis tanulmányt ezekről!
4. Próbáljon meg információkat szerezni a Magyarországon forgalomban lévő fizika tankönyvekről, tankönyvcsaládokról, és tankönyvkiadással is foglalkozó kiadókról!
5. Milyen tankönyvi minősítő eljárásokról hallott? Gyűjtsön tankönyvismertetőket, tankönyvkritikákat a különböző oktatással foglalkozó folyóiratokból!

Felhasznált irodalom

Ballér Endre (1996): *A Nemzeti alaptantervtől az iskolai nevelő-oktatómunka tervezéséig.* Országos Közoktatási Intézet, Budapest.

Hunyady Györgyné – M. Nádasi Mária (2000): *Pedagógiai tervezés*. Comenius Bt., Pécs.

Káldi Tamás – Kádárné Fülöp Judit (1996): *Tantervezés*. Iskolaszolga, Budapest.

M. Nádasi Mária (2001): *Adaptivitás az oktatásban*. Comenius Bt., Pécs.

Oktatási Minisztérium (1996): *Nemzeti Alaptanterv*. Korona Kiadó, Budapest.

Oktatási Minisztérium (2000a): *A középfokú oktatás kerettantervei*. Oktatási Minisztérium, Budapest.

Oktatási Minisztérium (2000b): *Az alapfokú oktatás kerettanterve*. Oktatási Minisztérium, Budapest.

11. A FIZIKA TANÍTÁSA SORÁN ELŐKERÜLŐ FŐBB TÉMAKÖRÖK FELDOLGOZÁSI LEHETŐSÉGEI

Jelen fejezetünkben vázlatosan áttekintjük a fizika tanítása során előkerülő nagy témakörökkel, mint mechanika, hőtan, elektromosságtan és modern fizika, kapcsolatos problémákat. Nem célunk részletekbe menően vizsgálni minden egyes tananyagrészt. Csak az említett fő témakörökhöz kapcsolódó legfontosabb alapfogalmak bevezetésére, elsősorban az ekkor fellépő problémákra koncentrálunk, és felvázolunk néhány megoldási lehetőséget.

11.1. A mechanika tanításának konstruktivista alapjai

NAHALKA ISTVÁN

A mechanika tanításának szokásos rendszerében számos probléma merül fel, még akkor is, ha a témát tanító pedagógusok ezt kevéssé érzékelik. A tankönyvekben általában sok a hiba, aminek nem az az oka, hogy a tankönyvszerzők nem kellően ismerik a fizikát (nem feltételezzük ezt senkiről közülük), hanem itt sokkal inkább a dinamika tárgyalásának konceptuális nehézségeiről, nevezetesen a Newton törvények (vagy axiómák) státusának kérdéséről van szó. A kérdést a hazai szakirodalom is több ízben tárgyalta, elsősorban Dede Miklós (1977) és Isza Sándor (1987) voltak azok, akik mélyreható elemzésekkel igyekeztek feltárni a mechanika tanításában mutatkozó ellentmondásokat (e fejezet írójának gondolatait is egy nagy részben az ő írásaik ihlették). Mi is a probléma lényege?

11.1.1. Newton I. törvénye

A nehézségek már *Newton I. törvényének* tárgyalásánál jelentkeznek. A legtöbb leírás szerint ez nem más, mint a következő kijelentés:

> Minden test nyugalomban marad vagy egyenes vonalú egyenletes mozgással halad mindaddig, míg ezt az állapotot egy másik test (vagy mező) meg nem változtatja. (Zátonyi és ifj. Zátonyi 1993 51. o.)

Idézhettünk volna szinte minden, könyvünk írásakor forgalomban lévő tankönyvből. Az állítás nyilvánvalóan hamis, hiszen elég csak egy inerciarendszerben

egyenletesen forgó vonatkoztatási rendszerben megfigyelni az inerciarendszerben álló vagy egyenes vonalú, egyenletes mozgást végző testeket (a forgó rendszerben ezek vagy körpályán, vagy még bonyolultabb, nem egyenes vonalú pályán mozognak).

A törvény előbb idézett kimondásában nincs benne explicit módon, csak „nyelvileg elbújtatva", hogy *magukra hagyott testekről van szó*, márpedig a más testekkel lendületváltoztató (impulzusváltoztató) kölcsönhatásban lévő testek még az inerciarendszerben sem feltétlenül állnak vagy mozognak egyenes vonalban és egyenletesen. Sok helyen olvashattuk azt a sok fizikatanár által is használt megoldást, hogy „inerciarendszerben a magukra hagyott testek egyenes vonalú, egyenletes mozgást végeznek, vagy állnak". Igen ám, de mi az, hogy inerciarendszer? Ennek szokásos, általános és középiskolai definíciója, hogy olyan vonatkoztatási (koordináta-) rendszer, amelyben a magukra hagyott testek egyenes vonalú, egyenletes mozgást végeznek vagy állnak. Mindenki számára világos lehet, hogy így Newton I. törvényének kimondása *üres, nem törvény*, hiszen az inerciarendszer definíciója miatt igaz az, amit állít, már a tehetetlenségi rendszerek meghatározásában benne van a „törvény".

Az inerciarendszer definíciója azonban használhatónak tűnik. Nem problémamentes, de javítható. Először is, mit jelent vajon az egyenletesség? Ahogy *Holics László* Fizika című összefoglalójában (1986) olvashatjuk *Lange*, 19. századi fizikus megoldásának interpretációjaként: nem tehetjük meg, hogy az inerciarendszer definíciójában használjuk az egyenletességet, hiszen az egyenletes időközök méréséhez is valamilyen mozgásra van szükségünk, tehát ismét abba a hibába esnénk, hogy örömmel konstatálnánk egy „törvényben", hogy a definíciónak megfelelő módon mozgó testek úgy viselkednek, ahogyan a definícióban kimondtuk.

Az inerciarendszer definíciója azonban nem igényli az egyenletesség kimondását, s azt sem, hogy megköveteljük egyszerre minden magára hagyott test álló helyzetét vagy egyenes vonalú mozgását. Elég azt mondani, hogy:

> Inerciarendszernek nevezzük az olyan vonatkoztatási rendszert, amelyben az egy pontból különböző irányokba (mely irányok nem eshetnek egy egyenesbe) egyidejűleg elindított, és rögtön utána magára hagyott három pontszerű test folytonosan leírt pályái egyenesvonalúak (Holics 1986 98. o.).

Kicsit pontosabb, ha azt mondjuk:

Inerciarendszernek nevezzük az olyan vonatkoztatási rendszert, amelyben van olyan, egy pontból különböző, nem egy síkba eső irányokba egyidejűleg elindított, és rögtön utána magára hagyott három pontszerű test, amelyeknek folytonosan leírt pályái egyenesek (saját megfogalmazásunk).

Természetes ezután a következő tétel kimondása:

> Az így meghatározott valamennyi inerciarendszerben minden magára hagyott negyedik pontszerű test pályája is egyenes vonalú (Holics 1986 98. o.).

Az egyenletesség kérdésével külön kell foglalkozni. Az *idő mérését* az inerciarendszerben magára hagyott test mozgásához kell „igazítani” (itt kell, hogy valóban változtassa a helyét a test). Az idő mérését mintegy „a hosszúság mérésére vezetjük vissza”, mert egy időmérő eszköz „jóságát” azzal jellemezzük, hogy vajon a segítségével az inerciarendszerben magára hagyott test mozgását vizsgálva, egyenletes lesz-e ez a mozgás. Ez azonban nem jelent mást, mint hogy egyenlő időközöknek azokat az időtartamokat tekintjük, amelyek alatt egy inerciarendszerben mozgó, magára hagyott test egyenlő távolságokat tesz meg. Az így előállított időskálát *inercia-időskálának* nevezhetjük. A tehetetlenség törvénye ezek után így fogalmazható meg:

> Inercia-időskálára vonatkoztatva minden magára hagyott pontszerű test egyenletesen mozog egy inerciarendszerben (saját megfogalmazásunk Holics László alapján).

Megpróbáltatásaink azonban nem értek véget, mert ez a törvény-megfogalmazás nem szól arról, hogy milyen a világ berendezkedése. A fenti leírás lehetne üres is, vagyis elképzelhető lenne, hogy a definíció ellenére ne létezzék inerciarendszer. Mondjuk képtelenség lenne találni olyan vonatkoztatási rendszert, amelyben lenne három nem egy síkban mozgó tömegpont, amely nem áll kölcsönhatásban semmivel, s mozgása egyenes vonalú.

Egészítsük ki Newton I. törvényét a következő mondattal: *„Létezik inerciarendszer”*. A newtoni mozgáselméletben így már korrekt, önellentmondást - legalábbis véleményünk szerint - nem tartalmazó megoldást kapunk.

A tanítás szempontjából a helyzet azonban nehezebb. Ha elméletileg sikerült is tisztáznunk, mi is Newton I törvényének igazi tartalma, *a gyerekeknek még a középiskolában sem taníthatjuk ilyen elvontsággal ezt az összefüggést*. Kis leegyszerűsítéssel azonban már sikert érhetünk el. A gyerekeknek először is világosan kell látniuk, hogy a mechanikai mozgások mélyén rejlő összefüggéseket nem lehet csak úgy „simán” kiolvasni a testek mozgásának megfigyeléséből. Nincsenek körülöttünk magukra hagyott testek, nagyon nehezen elképzelhetők és még nehezebben állíthatók elő inerciarendszerek, semmi sem „működik” a „tiszta” képleteknek megfelelően. Éppen ezért „észmunkára” van szükség ahhoz, hogy feltárjuk azokat a törvényeket, amelyek a tudomány, a technika számára kellően jól, kellően pontosan írják le mindazt, amit tapasztalunk.

Ehhez először látni kell, hogy a világban lévő testek mozgására vonatkozóan többféle, egymásnak homlokegyenest ellentmondó képet lehet megalkotni. Ezek között ott van az *arisztotelészi fizika*, s a *newtoni* is. Ha a gyerekek már látják, hogy a tisztánlátást rendkívüli módon zavarja a Föld vonzása, a közegellenállás és a súrlódás, akkor érdemes felkérni őket arra, hogy képzeljenek el egy világot, amiben nincsenek ilyen „hátráltató tényezők”. Konstruálás kezdődik, létrehozunk egy világot, ami nem kell, hogy hasonlítson a miénkhez, illetve mivel azonnal több változatban hozzuk létre, ezért közülük csak az egyik olyan, mint amilyet mi érzékelünk magunk körül (még pontosabban: csak az egyik lesz megfelelő mértékben adaptív).

Játék kezdődik tehát, kinek mennyire szabad a fantáziája, ki tud minél érdekesebb, vagy éppen minél racionálisabb, esetleg ki tud minél viccesebb világokat konstruálni. S

e világok között ott lesz az arisztotelészi és a newtoni is, mert erről, ha kell, a tanár külön gondoskodik. A gyerekek elképzelik, hogy akár egy sci-fi történet kellős közepén hogyan lebegnek egy világban, szkafanderben, rádióval kommunikálva egymással, s hogyan figyelik meg az általuk ellökött golyók mozgását, mit láthatnak az egyes megfigyelők, mik lehetnek a különbségek közöttük. És *világokat hoznak létre*, vitatkozva egymással, kutatva egy-egy ilyen világ belső ellentmondás-mentességét, használhatóságát, a mi világunkhoz való hasonlóságát.

Konstruktivista módon - többek között - így lehet megragadni módszertanilag a problémát. A lényeg, hogy a gyerekek - ha kell a tanár segítségével - világosan lássák, hogy létezik a megkonstruált világok között egy, amelyben vannak olyan szkafanderes megfigyelők, akik a magukra hagyott golyók mozgását egyenes vonalúnak és egyenletesnek látják, vagy azt észlelik, hogy azok állnak. Ha már van ilyen megfigyelőnk, akkor azt is észrevehetjük, hogy a hozzá képest egyenes vonalú, egyenletes mozgást végző megfigyelő is ilyen. S ezért végtelen sok ilyen megfigyelő van. Természetes módon hoztuk létre az inerciarendszereket, a gyerekek szinte a szemük előtt láthatják, mit jelent „inerciarendszernek lenni”.

Azt állítjuk tehát, hogy nem kell belemenni az inerciarendszer logikailag szigorú, langei-holicsi definiálásába, az egyenletesség fogalmának taglalásába, s a Newton törvény lehető legkevesebb előfeltételt igénylő megfogalmazásába. Támaszkodni kell a gyerekeknek a fizikai világ felfogásával kapcsolatban kialakult előzetes elképzeléseire, arra, hogy van arról képük, mit jelent az egyenletesség, az egyenes vonal, stb. Azt kell kimondani, hogy *a mi világunk úgy van berendezve, hogy vannak benne olyan vonatkoztatási rendszerek, amelyekben a magukra hagyott testek egyenes vonalú, egyenletes mozgást végeznek, vagy állnak*. A Föld vonzása, a levegő közegellenállása, a más testeken való súrlódás ugyan mindent „elront”, de a jelenségek mélyén mégis ez a közvetlenül nem kiolvasható, kísérletileg be nem bizonyítható meggyőződés áll. Legalábbis e szerint építünk fel egy világot, ami meglepő módon alkalmas a „való világban” tapasztaltak megmagyarázására.

11.1.2. Impulzus-megmaradás, a tömeg meghatározása

Következő lépésként foglalkozzunk az *impulzus-megmaradás törvényével*. Alapvető természettörvényről van szó, ezért sokak számára lesz nagyon különös, amit állítunk: az impulzus-megmaradás törvénye eredeti megfogalmazásaiban nem több mint *a tömeg definíciója*.

A szokásos megfogalmazások általában már használják a tömeg valamilyen definícióját. A testekhez hozzárendelt tömeg azonban valójában nem a dinamikai értelmezés szerinti mennyiség, hanem a *súlyos tömeget* használják. Nem egy középiskolai tankönyv hivatkozik a tömeg általános iskolai meghatározására, ha viszont fellapozzuk ezeket a tankönyveket, akkor a súlyos tömeg definícióját találjuk meg. A szerzők általában megadják annak feltételét, hogy két test tömege *egyenlő* legyen. Ez nem más, mint hogy a kétkarú mérleg serpenyőibe helyezve őket, a mérleg egyensúlyban marad. Világos, hogy ez az eljárás a súlyos tömeg definíciójához kötődik. (Valójában a mérleg egyensúlya azon alapszik, hogy egymást kiegyenlítő forgatónyomatékok hatnak a mérleg karjára.) Sajnos a legtöbbször nem következetesen

folytatódik a definiálás, mert a tömeg egyenlőségének, majd *mértékegységének* megállapítása után nem szerepel a *skálatörvény*, így e fizikai mennyiség meghatározása torzó marad. A skálatörvények azonban lényegében önkényesek, így van ez a tömeg esetében is. Konkrétan itt arra alapozunk, hogy két (három, négy, …) egyenlő tömegűnek bizonyult test mérlegre kifejtett hatása egyenlő a kétszer (háromszor, négyszer, …) akkora tömegű test hatásával, tehát egy additív fizikai mennyiséget akarunk definiálni. Mivel a súlyos tömeg definiálásáról van szó, ebben az eljárásban benne van a „gravitáció additivitásának" feltételezése, ilyetén definiálása is. Még egy feltételezés van a gravitációval kapcsolatban: mindegy, hogy hol végezzük el a méréseket, feltéve persze, hogy az adott helyen van gravitáció, a testek tömegére minden helyen ugyanazt az értéket kapjuk. Ez is egy hallgatólagos feltételezés az ilyen definiálás során, jóllehet nagyon természetes.

Szakmailag korrekt megoldás, ha a következőt mondjuk: *azon testekre, amelyekre egy nem nulla gravitációjú helyen meghatároztuk a tömeget (súlyos tömeg), igaz az impulzus-megmaradás törvénye, tehát, hogy egy zárt mechanikai rendszerben az egyes testek impulzusainak (lendületeinek) összege állandó*. Egy test impulzusa (lendülete) ebben az esetben a mért tömegértéknek a sebességgel való szorzatát jelenti. Ez korrekt megfogalmazás, az a probléma, hogy számos test súlyos tömege nem mérhető a szokásos eszközökkel (neutrínó, Föld, Nap, stb.), illetve az is gondot jelent, hogy egy rendkívül fontos fizikai mennyiséget csak a homogén gravitációs mező hatását igénybe véve definiáltunk. Az ilyenkor szokásos megoldással általánosítunk, s azt mondjuk, ez a törvény általánosságban érvényes, minden testre és mechanikai rendszerre, azokra is, amelyekben nem meghatározható súlyos tömegű elemek is vannak. Ebben az eljárásban ezen a ponton van a probléma. Kimondjuk az impulzus-megmaradás törvényét olyan testekre is, amelyeknek nem ismerjük a tömegét, s az nem is határozható meg a leírt módon. Ebben a pillanatban válik az impulzus-megmaradás törvénye definícióvá, hiszen az összes létező test tömege másképpen - ebben a gondolkodási rendszerben - nem értelmezhető, *csak ha az impulzus-megmaradáshoz kötjük*.

Az eljárás mögött a következő gondolkodásmód rejlik: van egy skalár mennyiség, amelynek értékei hozzárendelhetők a testekhez, ezt tömegnek nevezzük, s az a jellegzetessége, hogy értékeit a sebességekkel szorozva, az így kapott, impulzus (lendület) nevű vektormennyiségek összege zárt mechanikai rendszerekben állandó. Vagyis azt akarjuk mondani, hogy az impulzus-megmaradás törvénye az, hogy *ez a hozzárendelés valóban elvégezhető*. A testekhez tudunk rendelni olyan skalár mennyiségeket, amelyek (a Dede - Isza szerzőpáros fogalmazása) *a sebességeket összegükben megmaradó mennyiségekké szorozzák*. A természet olyan, hogy ez a hozzárendelés elvégezhető, a tömeg értelmezhető. Ugyanis ennek a hozzárendelésnek az elvégezhetősége egyáltalán nem nyilvánvaló. Honnan tudjuk, hogy az egyik kölcsönhatásban „megnyilvánuló tömeg" azonos a másik kölcsönhatásban „megnyilvánuló tömeggel"?

Legyen két test (A és B) között egy kölcsönhatás (pl. két golyó ütközik). Megkísérelhetjük, hogy olyan skalár értékeket rendelünk hozzá a két testhez, hogy a kölcsönhatás előtti impulzusösszeg (lendületösszeg) azonos legyen a kölcsönhatás utáni impulzusösszeggel (lendületösszeggel):

$m_A\mathbf{v}_A + m_B\mathbf{v}_B = m_A\mathbf{v}_A' + m_B\mathbf{v}_B'$

ahol az *m*-ek tömegeket, a **v**-k sebességeket jelentenek, az A és B indexek a testeket jelölik, illetve a kölcsönhatás előtti mennyiségeket vesszőtlenül, a kölcsönhatás utániakat vesszővel jelöltük. Egyszerű átrendezésekkel könnyen adódik:

$m_A\mathbf{v}_A - m_A\mathbf{v}_A' = m_B\mathbf{v}_B' - m_B\mathbf{v}_B,$

$- m_A\Delta\mathbf{v}_A = m_B\Delta\mathbf{v}_B,$

$m_A : m_B = |\Delta\mathbf{v}_B| : |\Delta\mathbf{v}_A|$

Már ebben a kis „számításban" is felhasználtunk két nem teljesen triviális állítást. Az egyik, hogy *a hozzárendelés eredménye mindig pozitív szám* (0 sem lehet), a másik, hogy *a tömegek a kölcsönhatás előtt és a kölcsönhatás után megegyeznek*. Éljünk ezekkel a feltételezésekkel (a törvény precíz megfogalmazásában majd szerepeltetnünk kell őket). Amint látjuk, egyelőre csak a tömegek *arányára* tudunk mondani bármit is, amit viszont erre mondunk, az mérésekre is lehetőséget ad, hiszen csak ügyes műszerek kérdése, mennyire pontosan tudjuk meghatározni a sebességeket. Eddigi megállapításaink alapján azonban - ha csak ezt az egy kölcsönhatást vizsgáljuk - a két testhez még végtelen sokféleképpen lehet hozzárendelni tömegértékeket, csak azt kell betartanunk, hogy az arányuk megegyezzék a sebességváltozások abszolút értékeinek fordított arányával.

Bárki feltehetné a kérdést, hogy vajon igaz-e, hogy ha ugyanezt a két testet egy másik kölcsönhatásban szerepeltetjük, akkor ugyanez lesz a sebességváltozások nagyságainak aránya. Ez az állítás már semmilyen más korábbi állításunkból nem kikövetkeztethető, egyszerűen arról van szó, hogy „a természet berendezkedése olyan", hogy *egy másik kölcsönhatásban ugyanez a sebességváltozási arány fog kialakulni*. Sőt, továbbmenve még többet is mondhatunk. A végtelen sok tömegérték közül válasszunk ki tetszőlegesen egyet az A test esetében, ezzel rögzítjük a B test tömegét is. Ha most egy C testtel hozzuk kölcsönhatásba e két testet, akkor az ott kialakuló sebességarányok úgy alakulnak az m_A illetve az m_B konkrét tömegértékek figyelembevételével, hogy a két kölcsönhatásban a C testre meghatározható tömegérték ugyanaz lesz. (A rögzített tömegértékek rögzítik a C test tömegét is, méghozzá úgy, hogy a C testnek az A-val, illetve a B-vel való kölcsönhatása során meghatározható tömege azonos lesz.) Ez valójában az impulzus-megmaradás igazi tartalma, tehát az, hogy *univerzális módon, minden kölcsönhatásra vonatkozóan azonos tömegértékeket rendelhetünk hozzá a testekhez*.

Természetesen a törvény nem rögzíti egészen pontosan e tömegértékeket, annyi szabadságunk van, hogy kiválaszthatjuk azt a kölcsönhatást, amelyben résztvevő testek tömegét rögzítjük, innentől azonban már minden test tömege rögzítve lesz, csak ezekkel az eredetiekkel, vagy esetleg már előtte rögzített tömegűekkel kell kölcsönhatásba hozni őket, s mérni a sebességváltozások abszolút értékeinek arányát. A precíz törvény így hangzik:

Minden tömegponthoz hozzárendelhető egy-egy pozitív skalár mennyiség, amit tömegnek nevezünk. A hozzárendelés úgy végezhető el, hogy a kölcsönhatások során a tömegek értékét változatlanul hagyva a sebességekkel vett szorzataik vektori összege nem változik. A hozzárendelés egy minden testre azonos skalár szorzó erejéig egyértelmű.

(A leírt gondolatmenet lényegében követi Baranyi Károly (1992) eljárását.) Világos, hogy a törvény ilyen kimondása valójában egy *modell* felállítását jelenti. A tömegpontokból álló, zárt mechanikai rendszereket olyanoknak képzeljük el, pontosabban olyannak konstruáljuk meg, hogy a fenti állítás igaz legyen.

Az egy másik kérdés, hogy vizsgálódásunk szempontjából jól használható-e, célravezető-e (adaptív-e) ez a modell a világ „dolgainak" leírására. Az egyik nehézség, hogy a törvényben *tömegpontról* van szó, s ezeknek a hozzárendelése a tapasztalati világunk tárgyaihoz nem is olyan egyszerű. Most nem tárgyaljuk részletesen ezt a kérdést, csak annyit jegyzünk meg, hogy ez a hozzárendelés bizonyos esetekben adaptív, más esetekben nem. Ha egy inerciarendszerben leírva a mozgást a tapasztalati világunk részeként értelmezett test a kölcsönhatás során nem csak a haladó mozgását változtatja meg, hanem forogni is kezd, akkor ugyan a törvény továbbra is értelmezhető marad a test tömegpontoknak tekinthető részekre való felosztásával, de minden esetre a megfogalmazások sokkal bonyolultabbak lesznek.

A másik nehézség a „valósághoz való igazítással", hogy vajon megfelelően adaptív-e az a feltételezés, hogy a testek tömege a kölcsönhatások során nem változik. Tudjuk, hogy nem, mert a nagy sebességek felé haladva ilyen hozzárendelés egyre pontatlanabbul végezhető csak el, s valójában adaptívabb leírást jelent a *speciális relativitáselmélet*. Ebben továbbra is az szerepel, hogy adható tömegérték minden tömegpontnak úgy, hogy az impulzusok (lendületek) összege ugyanaz legyen a kölcsönhatás után, mint előtte, de fel kell adnunk a tömeg állandóságára vonatkozó feltételezésünket, s egy a *sebességtől függő tömegértéket* kell feltételeznünk. Ez egy új modell, amely a „hétköznapi", a kis sebességű mozgások vizsgálatakor nem adaptív, hiszen fölöslegesen bonyolult számításokat igényel, miközben nem ad a másik modellhez viszonyítva lényegesen más eredményeket. A nagy sebességváltozásokat produkáló mozgások esetén azonban már adaptív a speciális relativitáselmélet, és nem az a tömegek állandóságát feltételező modell, mert egészen egyszerűen az utóbbinak az előrejelzései nem válnak be.

A szokásos iskolai eljárásban tehát az a probléma, hogy olyasmit mondunk ki törvénynek, ami valójában csak a *tömeg definíciója* lehetne. Az impulzus-megmaradás törvénye azonban mégis csak egy *törvény*, nem degradálható egyszerű definícióvá, hiszen azt mondja ki, hogy a testek a különböző kölcsönhatásokban egy ugyanazon skalárral jellemezhető, mindig megmaradó (legalábbis a newtoni modellben megmaradó) mennyiséggel leírható módon viselkednek, úgy, hogy e skalárokat a sebességekkel szorozva, s az így kapott vektorokat összeadva megmaradó mennyiséget kapunk, ha zárt mechanikai rendszerről van szó. Ez az, amit pozitívan állít a törvény a természetről, vagy hogy ismeretelméleti szempontból (a konstruktivisták számára is elfogadható módon) fogalmazzunk: ez az, ami a természetről alkotott modellünket specifikálja, differenciáltabbá, árnyaltabbá teszi.

Furcsa, de igaz, hogy a dinamika alaptörvényeinek tárgyalása során többször is ugyanabba a csapdába esünk: feltételezünk valamit, e feltételezésre építve definiálunk bizonyos mennyiségeket, kimondunk bizonyos törvényszerűségeket, amelyek azonban nem mondanak többet, mint kiinduló feltételezésünk, vagy definícióink. Sokkal egyértelműbben vállalni kellene, hogy *bizonyos összefüggéseket feltételezünk*, úgy látjuk, hogy „a valóság így és így működik", s nem kellene nyakatekert logikával mindenáron bebizonyítani azt, ami általánosan úgy sem bizonyítható. Hiszen soha nem lesz módunk megvizsgálni, hogy vajon minden inerciarendszerben tényleg egyenletesen mozognak-e a magukra hagyott testek, soha nem lesz módunk minden ütközést megvizsgálni, hogy abban tényleg teljesül-e az impulzus-megmaradás törvénye. A világról a newtoni mechanika olyan modellt épít fel, amelyben mindezek igazak, de nem azért, mert kipróbáltuk, s igazaknak bizonyultak, hanem azért, mert *a rájuk épített teljes, koherens rendszer megfelelő mértékig adaptív tudást jelent a világban való eligazodáshoz, cselekvéshez*.

Mit jelent mindez a tanulás szempontjából? A gyerekeknek van tömegfogalmuk, a fizika tanulása előtt is találkoznak már vele. A megkonstruálódott tömeg-fogalmat, illetve annak különböző változatait azonban ma még nem ismerjük eléggé. Valószínűleg fontos szerepe lehet a gyerekek tömeg-fogalmának alakulásában az anyagmennyiségnek, illetve a súly fogalmának, ma még azonban nem állíthatjuk, hogy egyértelmű lenne, a gyerekek súlyos- vagy anyagmennyiséghez kötött, esetleg már a tehetetlenség tulajdonságát is valamilyen szinten hordozó tömegfogalommal rendelkeznek. A feladat e differenciálatlan fogalom, vagy fogalomegyüttes elemeinek világos elkülönítése, a fogalmak differenciálása. Nyilván sokféle jó megoldás létezhet, mi most itt is egy konstruktivista megfontolásokra épülőt javaslunk.

Az a megoldandó probléma, hogy megtaláljuk az egyik „szabályát" (törvényszerűségét) a testek mechanikai kölcsönhatásának. Érdemes talán kiindulni a teljesen általános igényből: meg akarjuk találni a mechanikai kölcsönhatások eredményeinek előrejelzését lehetővé tevő törvényszerűségeket (szakmailag: ezek az impulzus-megmaradás és a nem disszipatív rendszerekben a mechanikai energiák megmaradása együtt, ha bizonyos feltevésekkel élünk még a konkrét esetekben, ld. később). Minden a fizikában való ismeretszerzésünknek ez a tudományos és nagyon sokszor gyakorlati motivációja: *le akarjuk írni a rendszerek későbbi viselkedését (állapotait), ha ismerjük a mostanit (vagy az eddigi történetüket)*. A folyamatokat akarjuk jellemezni. Most nem foglalkozunk azzal a kérdéssel, hogy ehhez a meglehetősen elvont célhoz hogyan teremthetők meg a motivációs feltételek (miért érdekeljen egy 12-18 éves gyereket, fiatalt, hogy miképpen írja le a fizika a rendszerek jövőjét???). Tegyük fel, hogy a motivációt sikerült kialakítani. Égünk a vágytól, hogy megtudjuk, miért úgy mozognak a testek, ahogy mozognak.

Az impulzus-megmaradás ebben csak egy, a leíráshoz nem is elégséges törvény. De nagyon fontos. Valójában azt kell megértetnünk a gyerekekkel, hogy minden testhez hozzárendelhető egy egyszerű számmal leírható fizikai mennyiség, a tömeg, amely nem változik a kölcsönhatások során, s adott pillanatban a sebességekkel szorozva olyan mennyiségeket alkot, amelyeket összegezve egy zárt mechanikai rendszer esetében állandó mennyiséget kapunk, bármelyik időpontban végezzük el a számítást.

Ezt a törvényt bizony nem egyszerű feladat megérteni. Nehézséget jelent, hogy tulajdonképpen valaminek (a tömegnek) a létezését mondja ki, hogy szorosan kötődik ahhoz, hogy mi hogyan akarjuk leírni a világot, nehézséget jelent a vektorfogalom használata is, tehát szinte minden összeesküszik ellenünk. Előny viszont, hogy miközben persze fogalmi váltásról van szó, hiszen a súllyal azonos tömegfogalmat kell dinamikai tömegfogalommá átalakítani (pontosabban a fogalmi rendszert differenciáltabbá tenni), eközben *számíthatunk egy intuitív dinamikai tömegfogalomra is*. Nem nehéz elfogadni egy gyereknek, hogy egy nagyobb tömegű testet nehezebb ugyanolyan mozgásállapot-változtatásra kényszeríteni, mint egy kisebb tömegűt. S ez így van a súlytalanság körülményei között is, amikor pedig súlyról nem beszélhetünk. Sok-sok példával, gyakorlati esettel „hozhatjuk középpontba" a gyerekek intuitív tömegfogalmát, s azt a tudásukat, hogy a kölcsönhatások eredményeinek „kiszámítása" során oda kell figyelnünk a tömegre is és a sebességre is.

A sok gyakorlati eset feldolgozása módszertanilag gazdag formában történhet: alkalmazhatunk csoportmunkát, játékos eseteket beszélhetünk meg, humoros, vagy éppen különleges szituációk felvázolásával tehetjük érdekesebbé a „morfondírozást". A lényeg, hogy a gyerekek egyre inkább abba az állapotba kerüljenek, hogy könnyen elfogadják a tömeg fenti formában való értelmezhetőségét, s ennek az értelmességét (adaptivitását). Ezt egyszerűen magyarázattal tehetjük meg. Ez is egy olyan pillanat, amikor a konstruktivista pedagógia nem ódzkodik abszolút hagyományos módszerek alkalmazásától. Elő van készítve a talaj, az intuitív tömegfogalom, sőt - bátran mondhatjuk - az intuitív impulzus (lendület) fogalom „kellően használatba lett véve" ahhoz, hogy egy ilyen magyarázat, egy rövidebb előadás megfelelő hatást fejtsen ki.

Természetesen ezzel még nem érjük el azt az állapotot, hogy a gyerekek mindegyike tökéletesen érti a tömeg fogalmát és az impulzus-megmaradás törvényét. A korábban is használt példák, és újak kvantitatív elemzésére van szükség ahhoz, hogy a *fogalmi váltás* megerősödjék, és tartóssá váljon a hatása.

11.1.3. A legnagyobb „mumus": Newton II. törvénye

Elemezzük *Newton II. törvényének* szokásos iskolai megfogalmazásait! Ez a törvény a tömegpont és a környezete közötti kölcsönhatásról szól, lehetővé teszi, hogy meghatározzuk egy tömegpont mozgását, ha ismerjük a környezetével való kölcsönhatásának „természetét", a kölcsönhatás különböző paramétereit. Első megközelítésben három mennyiség, a *gyorsulás*, a *tömeg* és az *erő* definíciójára van szükség ahhoz, hogy a törvény kimondható legyen. A gyorsulással természetesen nem sok nehézségünk van, a kinematikában a hosszúság és az idő mérésével megoldható a mérése, csak ügyes eszközöket kell előállítani, hogy ha akarjuk, akkor egyre pontosabban meghatározhassuk értékét. A tömeggel sincs most már gondunk, az előző részben - véleményünk szerint - megfelelően értelmeztük a tehetetlenség mértékét, ezután már használhatjuk minden fenntartás nélkül.

Most következik az erő definíciója, ami - majd látjuk - nagyon kemény diónak mutatkozik. Ha a tankönyvekben szokásos tárgyalásokat tekintjük, akkor - legalábbis a szándékok tekintetében - alapvetően kétféle megoldással találkozunk. Az egyik esetben egy összetett eljárásban *mérési utasítást adunk az erőre*, ezzel meghatározottnak

gondoljuk, mint fizikai mennyiséget, s ezután három, egymástól eredetileg független mennyiség (a tömeg, a gyorsulás és az erő) között kimondjuk az összefüggést, amit természetesen mérésekkel igazolhatónak tartunk. A másik esetben az összefüggést *definíciós szerepben* láthatjuk viszont, az **F** = *m***a** az erő meghatározásává válik.

Nézzük meg mindkét eljárás lényegét, s azonnal adjuk meg a kritikájukat is! Hogy tisztábban lássunk, s igényeinket megfogalmazhassuk ezen eljárásokkal szemben, gondoljuk végig a következőket:

1. Egy fizikai leírás, a fizikai jelenségek magyarázata nem más, mint fizikai objektumok (testek és mezők) állapotleírása az idő és a kölcsönhatásokban résztvevő fizikai objektumok állapotainak függvényében.
2. A fizikai objektumok állapotát állapotleírók adják meg (absztrakt értelemben ezek tetszőleges halmazok elemei lehetnek, a fizikában rendszerint matematikai struktúrával rendelkező halmazokról van szó). Állapotleírók pl. egy tömegpont tömege, helyvektorának és sebességvektorának 3-3 koordinátája.
3. A fizikai rendszerleírásokban tehát állapotleírók szerepelnek, s minden törvényszerűség megadásában ezek és csakis ezek szerepelhetnek.
4. A fizikai állapotleírókból a matematika segítségével függvényeket hozhatunk létre, s ezzel fizikai mennyiségeket definiálhatunk. Maguk az állapotleírók is fizikai mennyiségek.
5. A fizikai mennyiségek definiálásában teljes szabadságot élvezünk, ennek „kiélését” azonban érdemes mégis azzal korlátozni, hogy csakis a fizikai rendszerleírások számára hasznos fizikai mennyiségeket érdemes definiálni.
6. A fizika törvényszerűségeinek matematikai leírásában használhatjuk a fizikai mennyiségeket, ezek általában egyszerűsítik, vagy szemléletesebbé teszik mondandónkat. De a konstrukció alapján valójában ezekben az esetekben is az állapotleírók használatával adjuk meg a törvényeket.

Az erő nem állapotleíró. Az erő nem rendelhető hozzá a mechanikai kölcsönhatásban résztvevő testek egyikéhez sem. Ha már mindenképpen hozzárendelést akarunk, akkor az erő valójában a *kölcsönhatáshoz* rendelhető hozzá. Ha az erő nem állapotleíró, akkor nyilván állapotleírók segítségével felépített függvény, *fizikai mennyiség*. Két lehetőségünk van:

a) Az erőt értelmezhetjük a megfigyelt tömegpont tömegének és gyorsulásának szorzataként (a tömeg és a gyorsulás állapotleírók, illetve mondhatjuk azt is, hogy az erőt az impulzus (lendület), mint állapotleíró differenciálhányadosaként értelmezzük, ha ilyen felépítést választunk). Ez a megoldás a fent említettek közül a második, hiszen itt Newton II. törvénye nem más, mint az erő nevű fizikai mennyiség definíciója.

b) Az erőt értelmezhetjük a kölcsönhatásban résztvevő testek állapothatározóinak egy függvényeként, amely valamilyen módon a hatást, a kiszemelt tömegpont mozgásállapota változásának okát írja le. Ez az erőhatás megragadására való törekvést rejti magában, s a fent már jelzett megoldások közül az első juthat róla eszünkbe. Azonnal látnunk kell azonban, hogy ebben az esetben *az erő nem definiálható általánosan*, a konkrét körülményektől függetlenül, hiszen az egyes mechanikai kölcsönhatásokban más és más paraméterek, más és más állapotleírók játszanak szerepet. *Ezen megoldás szerint az erő valójában nem definiálható általánosan,*

elvonatkoztatva a kölcsönhatás konkrét körülményeitől. Pontosabban elnevezhetjük erőnek az

$$m\mathbf{a} = \boldsymbol{f}(\text{állapotleíró}_1, \text{állapotleíró}_2, \ldots, \text{állapotleíró}_n)$$

konkrét, a speciális kölcsönhatásra jellemző törvény felírásában a baloldalon szereplő, minden ilyen törvényben más és más módon értelmezett vektormennyiséget, ami azonban így nem fizikai mennyiség, mert nem adható meg, hogy pontosan milyen állapotleírók milyen függvénye.

Vegyük észre, hogy semelyik itt leírt esetben nem lehet Newton II. törvénye abban az értelemben „tiszta" fizikai törvény, hogy három külön definiált fizikai mennyiség között írna le egy összefüggést. Még mielőtt a szokásos iskolai megoldásokat elemeznénk, ki kell mondanunk, hogy Newton II. törvénye a mi értelmezésünkben nem olyan törvény, mint a fizika tanulása során előforduló sok-sok más összefüggés. A erő fogalmának értelmezésétől függ, hogy csak egy egyszerű definíció-e, vagy sok-sok konkrét, speciális erőtörvény összefoglaló felírása-e. Utóbbi esetben egyfajta *kerettörvényről* van szó, összefoglalása, elvont felírása sok hasonló alakú fizikai törvénynek, az *erőtörvényeknek*.

De nézzük, miképpen határozzák meg az erőt azokban a megoldásokban, amelyek az erő mérési eljárását igyekeznek megadni. E megoldások lépései nagyjából a következők (Gulyás és munkatársai által készített tankönyvre támaszkodunk elsősorban – Gulyás és mts. 1998):

1. Egy A testnek egy B testre való hatását az erő fogalmával úgy fogjuk jellemezni, hogy *az erőt, mint fizikai mennyiséget rugóval fogjuk mérni*. Reményeink szerint a rugó állapotából kiolvasható lesz, hogy mekkora erőt fejt ki éppen egy adott pillanatban, s az erő iránya is leolvasható lesz. Az erőt vektormennyiségként kívánjuk meghatározni.
2. Az erőt úgy fogjuk mérni, hogy az A testet helyettesítjük a rugóval, s annak segítségével a B testen *ugyanolyan mozgásállapot-változást* hozunk létre, mint amilyet az A test alakított ki a helyettesítés előtt. Úgy akarjuk definiálni az erőt, hogy az ugyanolyan mozgásállapot-változás létrejöttekor a ható erők egyenlők legyenek. Ez egyben az erők egyenlőségének definíciója is: Az X testnek az Y és a Z testnek a W testre kifejtett erejét egyenlőnek tekintjük, ha ugyanazzal a rugóval helyettesítve az X illetve Z testeket, s ugyanazt a mozgásállapot-változást létrehozva az Y és a W testeken azt tapasztaljuk, hogy a rugó megnyúlása a két esetben azonos nagyságú és irányú kellett, hogy legyen. A mozgásállapot-változás e ponton precíz értelmezést igényel: az Y és a W testek impulzusának (lendületének) változási gyorsaságát (a differenciálhányadost) kell értenünk alatta.
3. Most már csak az a kérdés, hogyan jellemezhető a rugó által kifejtett erő. Tapasztalatból is tudjuk, hogy a rugó által kifejtett erő annál nagyobb (erőérzet), minél jobban megnyúlik (vagy minél jobban összenyomódik, ha ez lehetséges). Valamilyen módon tehát a *rugó megnyúlásával* (összenyomódásával) van kapcsolatban a rugó által kifejtett erő.
4. A Föld is erőt gyakorol a felszíne közelében lévő testekre, gyorsítja azokat a helyeket tekintve változó, de egy helyen állandónak tekinthető, minden testre

azonos g gyorsulással. Ha egy testet rugóval g gyorsulással mozgatunk, akkor láthatjuk, hogy mekkora megnyúlás esetén fejt ki a rugó ugyanakkora erőt, mint a Föld (ugyanarra a testre). Sőt, mivel logikus feltételezni, hogy két vagy három ugyanakkora tömegű testre kétszer vagy háromszor nagyobb erőt fejt ki a Föld, ezért megvizsgálhatjuk, hogy kétszer, háromszor akkora erőt mikor fejt ki a rugó. A vizsgálat eredménye az (megmérhetjük), hogy ugyanaz a rugó a kétszer, háromszor nagyobb tömegű testet akkor tudja g gyorsulással mozgatni, ha kétszer, háromszor jobban megnyúlik. Ezért megnyugtatónak tarthatjuk azt az értelmezést, hogy *a rugó által kifejtett erő a megnyúlásával arányos legyen*.

5. Az eddig leírt eljárás még a mértékegység meghatározásához is megfelelő, mert tekintsük egységnyinek, 1 Newton nagyságúnak azt az erőt, amelyet egy rugó akkor fejt ki, amikor egy 1 kg tömegű testet 1 m/s^2 gyorsulással mozgat.

Mindent megtettünk, amit egy hagyományosan, empirista alapon, méréssel történő definiálás esetén meg kell tennünk egy fizikai mennyiség értelmezése során. Nézzük meg azonban kicsit kritikusabban, mi is van ennek az eljárásnak a mélyén. Azt állítjuk, hogy ez sem más, mint az *m***a**-val történő definiálás. Csak „bebugyoláltuk", felismerhetetlenné tettük, hogy itt erről van szó, de a lényeget tekintve *Newton II. törvényét definícióként szerepeltettük*. Miért?

A magyarázat egyik része a fenti 2. pont értelmének kibontásában rejlik. Az erők egyenlőségét valójában az *m***a**-k egyenlőségeként határozzuk meg. Semmit nem mondunk a környezetről, nem annak állapotleíróit kívánjuk bevonni az egyenlőség definiálásába, hanem az okozott mozgásállapot-változást, matematikailag az *m***a**-t. A másik ilyen pont az, amikor azt mondjuk, hogy a nehézségi erőt a tömeggel arányosnak tekintjük. Ezt természetesen megtehetjük, a fizikai mennyiségek definiálásában teljes szabadságot élvezünk, de ne áltassuk magunkat azzal, hogy az *m***a**-tól függetlenül határozzuk meg az erőt. Az is világos, hogy amikor az erőt a folyamat végeredményeként a rugó megnyúlásával és csak azzal tekintjük arányosnak, akkor szintén lényegében önkényesen járunk el, s eljárásunk egyetlen valóban mérhető adatokra támaszkodó indítéka az lehet, hogy a rugó a megnyúlásával arányos impulzus-változási gyorsaságot (valójában *m***a**) alakít ki a gyorsított testen. Ez a komplexebb ok, s a nehézségi erővel való „vacakolás" csak azt a célt szolgálja, hogy a tömeggel való egyenes arányosság bevezethető legyen. Kerestünk egy olyan kölcsönhatást, amelyben a gyorsulás nem függ a résztvevő test tömegétől, így megvizsgálhattuk, hogy a test tömegének megváltoztatása hogyan függ össze az ugyanolyan gyorsulást létrehozó rugó megnyúlásával.

„Gondosan vigyáztunk" tehát, hogy a definiálás során csakis a megfigyelt test, tömegpont *m***a**-jával legyen egyenlő az, amit meghatároztunk. Az eljárás végeredményeként azt mondhatjuk: *„hát persze, hogy az erő egyenlő lesz a tömeg és a gyorsulás szorzatával, hiszen éppen így definiáltuk"*.

Mint mondottuk, elvi oka van annak, hogy az erő, mint önálló fizikai mennyiség a környezet hatását leíró, a résztvevő testek mindegyikének paramétereitől, állapotleíróitól függő fizikai mennyiség általánosan nem definiálható. Úgy már definiálható, s ezt tette az előbb részletesen leírt eljárás is, hogy az erőt valójában az „eredménnyel", az *m***a**-val vesszük egyenlőnek. Ekkor azonban végképp elvesztettük Newton II. törvényét.

Meg kell-e tartani a törvényt valamilyen módon? Itt valójában nincs egyetlen törvény, hanem *az impulzusváltozással (lendületváltozással) járó fizikai kölcsönhatások mindegyikének külön-külön, erőtörvényekkel való leírása* van. Elektromos erő, gravitációs erő, súrlódási erő, közegellenállási erő, magerő van, de nincs általában erő, illetve csak annyiban van, amennyiben az erőtörvények „másik oldalán" szereplő vektormennyiségeket erőknek nevezzük, s mondhatjuk általánosan is azt, hogy egy testet valamilyen erő gyorsít. Ezzel nem egy fizikai mennyiségre hivatkozunk, hanem egy *gyűjtőfogalomra*, a speciális erők egy halmazára. Az persze egy érdekes kérdés, hogy egy kellően általános leírásban megadhatjuk az összes általunk ismert erő összegét az *m***a**-t leíró egyenlet másik oldalán, s az így előálló vektormennyiséget már tekinthetnénk fizikai mennyiségnek, s nevezhetnénk erőnek, de ennek az eljárásnak a haszna nem lenne túl nagy.

Newton nagy tette nem az volt, hogy kimondta a második törvényt, mint különböző fizikai mennyiségek közötti matematikai összefüggést, hiszen az erő ezek közül nem definiálható a többiektől függetlenül. Newton nagy tette az volt, hogy sok-sok elődjére támaszkodva „végső csapást mért" az arisztotelészi fizika hatásfogalmára, arra az elképzelésre, hogy a mozgás fenntartásához valamilyen külső hatásra, erőre van szükség. A mozgásállapot-változás legegyszerűbb esetében, amikor egy test egyenes vonalú, egyenletesen gyorsuló mozgást végez egy inerciarendszerben, a hatás állandó, mindig ugyanolyan „gyorsító környezetben" van a test, szemben azzal az elképzeléssel, hogy az ilyen állandó környezet állandó sebességű mozgást hoz létre. Az **F** = *m***a** nem valamilyen nagy, átütő erejű felfedezés a természet belső titkaival kapcsolatban, hanem *egy modell a jelenségek adaptívabb magyarázatára, leírására*. Adaptívabb, mert a nyilvánvalóan állandó környezetben lévő, a Föld felszínéhez nagyon közel eső kővel kapcsolatos adataink (tapasztalati világunk ezen elemei) szerint a kő nem egyenletesen, hanem gyorsulva esik. Ha megtartanánk Arisztotelész elképzeléseit, akkor nem tervezhetnénk autókat, repülőgépeket, meteorológiai műholdakat.

Newton I. törvénye, valamint az impulzus-megmaradás törvénye klasszikus értelemben, „tisztán" *törvények*. Newton II. törvénye inkább *kerettörvény*, sok kölcsönhatástípusra felírható sokféle törvénynek az összefoglalása. Fényes Imre a Modern fizikai kisenciklopédiában (1971) leírja, hogy *a mechanika alaptörvényei (a Newton törvények) valójában az impulzustörvény különböző interpretációi*. Természetesen az inerciarendszerek definíciójával együtt. Ez is oka annak, hogy a mechanika különböző interpretációiban oly fontos szerepet kaptak a megmaradási törvények. Az impulzus (lendület) megmaradása egyedül azonban nem képes megmagyarázni minden klasszikus mechanikai jelenséget. Ez látszik azon is (Fényes is leírja ezt a magyarázatot), hogy már a tömegpontok ütközésének szabályait sem tudjuk levezetni pusztán a lendület (impulzus) megmaradása segítségével, tömegpontokat vizsgálva szükségünk van a mechanikai energia zárt, nem disszipatív rendszerben való megmaradására is. Sőt - Fényes Imre gondolatát egy lépéssel továbbgörgetve -, két tömegpont ütközése utáni állapotok leírása nem is lehetséges, még a két törvény együttesével sem, mert csak az ütközés utáni impulzusok (lendületek) nagysága határozható meg, irányuk határozatlan.

Ez egy egészen különleges szituáció egyébként. A világban tapasztalunk ütközéseket, s ezeket megpróbáljuk modellezni. Tömegpontokat képzelünk el, s

ütközésüket úgy írjuk le, hogy egy időpontban, az ütközés pillanatában a sebesség-idő függvényeiknek szakadása van. Ezért a sebességfüggvény nem differenciálható az ütközés időpontjában, vagyis természetes szemléletünkkel ellentétes modellt alakítunk ki. Minden tapasztalatunknak ellentmond, hogy a sebességfüggvénynek szakadása, s a gyorsulásnak pedig végtelen nagy értéke legyen. A modell nem is igazán jó, hiszen nem is lehet vele meghatározni az impulzusok (lendületek) ütközés utáni irányát. Csak ha külön feltételezéssel élünk, vagyis feltesszük, hogy az ütközés egy egyenes mentén zajlik le (centrális ütközés), akkor mondhatunk pontosat a tömegpontok ütközés utáni mozgásáról.

Más megoldást is választhatunk, kiterjedt, gömb alakú testek „valóságos" ütközéséről beszélhetünk, amikor is számításba kell vennünk a rugalmas anyag behorpadását, majd eredeti formájának visszanyerését, miközben a mechanikai energia fokozatosan a golyók belső energiájává alakul, majd innen az ideális, modellszerű esetben visszaalakul teljes egészében mozgási energiává, s e folyamat közben megváltozik a testek sebessége és sebességük iránya is. Ha értelmes feltételezésekkel élünk a közben ható, egyszerűbb modell esetében elektromos természetűnek gondolt erők irányára és nagyságára vonatkozóan, akkor van reményünk arra, hogy az ütközési folyamatot leírjuk. De ehhez valóban be kell vonni a tárgyalásba a fizika más területeit is (elektrodinamika, esetleg kvantummechanika), s a helyzet máris sokkal bonyolultabbá válik.

Ha a zárt fizikai rendszerek leírása során azt szeretnénk elérni, hogy a rendszerelemek korábbi állapotaiból meghatározhassuk a későbbi állapotaikat, akkor az impulzus- és az energia megmaradásának törvényeivel *önmagukban* nem érhetünk el eredményt. Ha értelmes kiegészítő feltételeket alkalmazunk, akkor lehetséges, hogy a két megmaradási tétel négy egyenlete lehetőséget biztosít négy nem ismert állapotleíró meghatározására, de ehhez valóban kevés a két megmaradási törvény. Pl. két tömegpont ütközése esetén az egyikhez rögzített inerciarendszerben (laboratóriumi rendszer) az ütközés utáni állapotleírók közül hat sebességkomponens (tömegpontonként három-három) ismeretlen, de csak négy egyenletünk van. Ha centrális ütközést feltételezünk, akkor a hatból négy sebességkomponens értéke 0 lesz, a négy egyenletből kettő semmitmondóvá válik, de a megmaradt két egyenlet már meghatározhatóvá teszi a megmaradt két ismeretlen sebességkomponenst.

Az erőtörvények azonban lehetővé teszik a jól kialakított modellek és a számítások technikai elvégezhetősége esetén a megfelelő problémamegoldást. *Alkothatunk működő fizikai modelleket*, amelyek aztán gyakorlati feladatokban is helytállnak. Ezekhez azonban már *nem elég a mechanika*, szinte minden erőtörvény valamilyen egyéb fizikai terület ismereteinek a bevonását igényli, vagy pedig bizonyos feltételezésekkel kell élnünk az erők természetét illetően. Az előbbire példák az elektromos, a mágneses, a gravitációs erőkkel kapcsolatos vizsgálatok, az utóbbira pedig a súrlódási, a közegellenállási erő. Pl. a közegellenállási erő esetén azt feltételezzük, hogy a testet lassító erő annak sebességével mindig ellentétes, s nagysága nem túl nagy sebességek esetén a test sebességének nagyságával arányos. Valójában egy modellt hozunk létre, amelyben ilyen erőt feltételezünk, s e „tiszta" helyzetre végezzük el a számításokat. Bizonyos célokra ez a modell jó, megfelelő előrejelzéseket tesz lehetővé, más esetekben azonban már nem megfelelő. Kiderül, hogy a mérések nem pontosan adják vissza a

sebesség első hatványával való egyenes arányosságot, problémákat jelenthet az örvények keletkezése is, illetve a közeg és a test kölcsönhatása következtében kialakuló folyamatok. Lehet finomabb modelleket is készíteni, s a gyakorlatnak (pl. járművek tervezése) erre nagy szüksége is van. Ezekben a modellekben variáljuk az $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$ bal oldalán álló erőt, különböző modelleket kipróbálva rá. De ha megmérnénk ezt az erőt, akkor valójában az $m\mathbf{a}$ mennyiséget mérnénk.

Ismét vessük fel a kérdést: milyen módon jelenjen meg mindez a tanításban? Miért tanuljuk Newton II. törvényét, ha az valójában nem a szokásos értelemben vett törvény? Miért tanulunk bármi ilyesmit, ha az impulzus-megmaradás és a mechanikai energiák megmaradásának törvénye - hozzávetőlegesen - jó eszköz a leírásra? Az utóbb említett törvények nem teszik lehetővé a mechanikai kölcsönhatások során bekövetkező állapotok meghatározását, mint láttuk. A „nem szokásos törvény" Newton II. törvényre tehát szükségünk van, csak meg kell ismerni azokat az erőtörvényeket, amelyek igazi értelmét adják, s amelyek már valóban törvények. Ezért *a tanítás során inkább arra az összefüggésre kellene helyezni a hangsúlyt, hogy egy tömegpont, egy test mozgását a környezetével kialakuló kölcsönhatása szabja meg, ez a tömegpont (test) és a környezetének paramétereivel, állapotleíróival adható meg*. Meg kell keresnünk mindig azt a függvényt, amely mintegy „beszabályozza" a tömegpont (test) impulzusának (lendületének) változási gyorsaságát, ahogy néha mondják: a lendülését, s ezzel fontos ismeretekhez juthatunk. Ehhez azonban néhány esetben ki kell lépnünk a mechanika keretein kívülre.

A tanítás során tehát fel kell tenni a kérdést először, hogy vajon miért, és milyen módon változik a mozgásállapot-változást elszenvedő testek impulzusa (lendülete). Sok gyakorlati példa kell erre is, olyanok, amiket a gyerekek a hétköznapi életből jól ismernek. Meg kell próbálni, amennyire csak lehet a jelenségek mélyére ásni, feltérképezni a mozgás megváltozásának okait. Típusokat lehet alkotni ezekből az esetekből, aminek nem az esetek egymáshoz való hasonlósága lesz az alapja (egy induktív gondolkodás keretében), hanem a típusok intuitív tudásként létezése, korábbi konstrukciója. Mindezt játékos módszerekkel, lehetőleg csoportmunkában érdemes megszervezni.

Érdemes a pedagógusnak magának bemutatnia, *hogyan változik az impulzus* (lendület), s ez hogyan önthető matematikai formába abban az esetben, ha egy test állandó gyorsulással mozog. Ilyen esetekben valamilyen külső test egy állandó hatást gyakorol, pl. egy jármű motorjának működése miatt a földfelszín hat a járműre, vagy a felszálláskor propelleres repülőre hat a levegő, illetve egy súrlódási folyamatban lassuló testre hat a súrlódó felület. Érdemes feltenni a kérdést, hogy ezekben az esetekben mi történik akkor, ha megnöveljük a tömeget, vagyis a buszra emberek szállnak fel, s így próbál elindulni, a repülőt megpakolják rakománnyal, a súrlódó testre ráteszünk egy másikat. A repülő esetében a hatás nem változik, a motor ugyanúgy működik, s mivel a tömeg nagyobb lett, arra kell számítanunk, hogy a gyorsulás lesz kisebb. A repülő lomhábban fog felszállni.

A busz és a súrlódó test esete azonban bonyolultabb. A busz esetén valójában a gyorsításért felelős erő a motor erejével megegyező, a talaj által kifejtett erő és a gördülési súrlódási erő különbsége. Mivel az utasok felszállása után ez utóbbi megnövekszik, ezért az erő nem marad állandó, pedig a motor most is ugyanakkora erőt

fejt ki. (Egyébként még ez a megfontolás sem állja meg a helyét a részletesebb modellben, mert a robbanómotorok különböző fordulatszámok esetén más „nyomatékot adnak le", vagyis nem állandó az általuk kifejtett erő).

A súrlódás pedig azért bonyolultabb, mert ott sem állandó az erő, a felülethez nyomó erő megnövekszik az újabb test ráhelyezésével, s ez mintegy „kompenzálja", hogy a tömeg is megnövekedett. Vagyis a gyorsulás most is ugyanannyi lesz, hiszen az most is $-\mu g$, mint az előbb volt (a negatív előjel a sebesség és a gyorsulás irányának ellentétes voltát kívánja kifejezni, hiszen lassul a test). Vagyis magyarázattal mutassuk meg a gyerekeknek, hogy azt a szemléletmódot, amit a mechanikai kölcsönhatások értelmezésére kialakítottunk, hogyan lehet alkalmazni, hogyan lehet következetesen, nyelvileg is pontosan használni.

Ezek után érdemes csoportmunkában *hasonlóan elemezni a homogén gravitációs mező hatását, a rugó hatását, a közegellenállást*. Nem arra gondolunk, hogy minden esetben részletes kvantitatív leírásokat kell adniuk a csoportoknak, bár az ügyesebbek, a gyorsabban haladók ezt is megtehetik tanári segítséggel. Fontosabb viszont a *kvalitatív leírás*, a fogalmak pontos, vagy inkább egyre pontosabb használata. A helyzetet kicsit megkönnyíti, hogy itt *nincs szükség fogalmi váltásra*.

A *rugó hatásánál* álljunk meg egy kicsit. A rugó harmonikus rezgőmozgásra kényszeríti az általa mozgatott testet. Az ezt leíró matematikai formulák a legtöbb esetben még a középfokon sem taníthatók, vagy ha tanítjuk is ezeket, sok tanuló nem igazán érti meg. Pedig a rugó fontos eszköz, hiszen az erőmérést egy a fentinél következetesebb bevezetés után valóban a rugóval kell megoldanunk. Annak a beláttatása, vagy akár felfedezése, hogy a rugó által kifejtett erő a rugó megnyúlásával arányos, nem is nehéz feladat. Hiszen ekkor már ismerjük a nehézségi erő nagyságát bármilyen meghatározható tömegű testre, elég csak felakasztani különböző tömegű testeket a rugóra, s megnézni a megnyúlásokat. A precíz eljáráshoz azonban egyrészt szükségünk van arra, hogy az erőket vektorosan össze lehet adni, ami lényegében az erők függetlenségének elve, vagyis *Newton IV. törvénye*. Ráadásul a rugó megnyúlásából csak a test által a rugóra kifejtett erőre következtethetünk, fel kell tételeznünk, hogy a rugó is ugyanekkora erőt fejt ki a testre. Ez pedig a *Newton III. törvényében* foglalt ismerettel, a hatás-ellenhatás törvényével kapcsolatos ismeret. A rugó vizsgálata tehát e törvények megismerésére is alkalmat ad.

A rugóerő megnyúlással való arányosságát tehát e ponton már kísérletekkel, viszonylag egyszerűen alá tudjuk támasztani. Induktív felfedezésről, vagy valami másról van-e szó egy ilyen esetben? Egész ezt megelőző tanítási tevékenységünk azt a célt szolgálta, hogy kiépítsük azt a fogalmi struktúrát, amely a testek mozgásállapotának megváltozása esetében a folyamatok leírását lehetővé teszi. Egy kész konceptuális rendszer áll tehát rendelkezésre akkor, amikor a rugók „gyorsító természetével" kezdünk foglalkozni. Készen áll a fejünkben egy sor lehetséges függvény, amely leírhatja, hogy milyen módon függ az erő a megnyúlástól, valójában a mérések feladata csak az, hogy *segítsenek adaptív modellt találni a rugó által okozott impulzusváltozás (lendületváltozás) leírására*. Ha úgy tetszik, számtalan modell lehetséges abban a konceptuális rendszerben, amelyet eddig felépítettünk, s most ezeket teszteljük, s kiválasztjuk közülük azt, amely a lehető legadaptívabb a saját értékelésünk szerint. Hogy itt valóban döntésről van szó, azt a fizikusok nagyon jól tudják, mert a „valóságos

rugók” bizony nem nagyon engedelmeskednek a felállított törvényszerűségnek, igazából inkább *egy modellt állítunk fel*, amely csak bizonyos rugók esetén, s csak bizonyos megnyúlási korlátokig tekinthető adaptívnak.

Középiskolában természetesen nem oldhatjuk meg azt a differenciálegyenletet, amelyet a rugó erőtörvénye alapján kapunk, s így nem mutathatjuk ki, hogy a modellben a sinus-cosinus függvények alkalmasak a kitérés, a sebesség és a gyorsulás megadására. Ezeket el kell fogadni szemlélet alapján, látva, hogy ha minél pontosabb méréseket végzünk, valóban e trigonometrikus függvények adják meg a leírás legjobb lehetőségét. Említsük meg azonban - egyes tanulóknak talán csigázva ezzel a további érdeklődését -, hogy ez bizony elméletileg ki is számítható, s a trigonometrikus függvények feltételezése jó matematikai összhangban van a rugóerőről alkotott elképzelésünkkel. Persze az a hagyományos mód is nagyon jó szemléltetés lehet, amellyel összehasonlítjuk a rezgő- és az egyenletes körmozgást (sok fizika tankönyvben megtalálható ez a megoldás). Úgy véljük, hogy ügyes munkalapokkal e tanítási feladat is megoldható csoportmunkában. Ha a gyerekek ekkorra már hozzászoknak ahhoz, hogy *„szabad” intenzíven használni az agyukat a fizikai rendszerleírások során*, s hogy a kísérletek nem arra valók, hogy alapvető törvényszerűségeket olvassunk ki a természetből, hanem, hogy ellenőrizzük feltevéseinket, akkor megfelelő motiváció mellett maguk is sok mindenre rájöhetnek, felfedezhetnek sok mindent a felfedezés konstruktivista és nem induktív-empirista értelmében.

Ebben a részfejezetben a fizikatanítás talán legnehezebb problémájával, a mechanika oktatásával (pontosabban annak néhány kérdésével) foglalkoztunk. Több olvasónk számára furcsa lehet, hogy míg könyvünk más fejezeteiben egy “populárisabb”, “hétköznapibb” fizikatanítás mellett törtünk lándzsát, ebben a részben még a konkrétabb tanítási folyamat számára is fogalmilag rendkívül precíz, szakmailag is nehezen átlátható megoldásmódokat vázoltunk fel. Az ellentmondás csak látszólagos. Egyrészt a szakmai alaposságra minden fizikatanárnak szüksége van – ezt nem hisszük, hogy bárki is vitatná. Szilárd meggyőződésünk, hogy a hagyományostól, és sikertelennek bizonyulttól eltérő konstruktivista elméleti alapokat használó tanítás során az itt is vázolt fogalmi problémák sok tanuló számára megvilágíthatók, tanulmányozásuk érdekessé tehető. Természetesen szükség van arra, hogy az itt leírtakat is meghaladóan motiváló problémákat, kérdéseket, feladatokat dolgozzunk ki a tanítás számára. Úgy véljük, nem szabad lemondani arról, hogy tanulóink a világ fizikai megértésének alapjait jelentő tudásrendszer fogalmi alapjaihoz közel kerüljenek.

Feladatok

1. Jelölje ki a mechanika valamely Ön számára érdekesebb részterületét (pontmechanika, pontrendszerek mechanikája, merev testek mechanikája, deformálható testek, körmozgás, mozgás gravitációs térben, stb.), s ezen a területen gyűjtsön olyan hétköznapi példákat, amelyekben alkalmazható az adott fizikai ismeretrendszer! Gondolja végig, hogy az egyes példák esetében ténylegesen van-e szükség a newtoni elvek alkalmazására!
2. Csoportmunkában hasonlítsák össze egy adott mechanika téma különböző tankönyvi feldolgozásait! Válasszanak ki egy olyan témát, amelyben van két-három különböző megközelítéseket tartalmazó tankönyv! Az elemzés módjára

alkalmazhatják a vita módszerét is. Szituációjáték szerűen vitassák meg a könyvek álláspontját, megfelelően felosztva a csoport tagjai közt az álláspontokat (pl. Newton I. vagy II. törvényének tárgyalása).

3. Készítsen kis dolgozatot arról, hogy a magyar középiskolai oktatásban hogyan változott az elmúlt száz évben a mechanika tanítása! Használjon tankönyveket a kutatáshoz!
4. Csoportmunkában dolgozzanak! Ötletroham keretében dolgozzanak ki javaslatokat (nem teljes részletességgel) valamelyik kritikusabb pontmechanikai téma tanítási lehetőségeire (Newton törvényei, lendületmegmaradás, mechanikai energiák, stb.)! Ha így túl tágnak találják az ötletroham témáját, akkor valamelyik részterületen a gyerekekkel közösen elvégzendő, az arisztotelészi képnek ellentmondó kísérletekre vonatkozóan dolgozzanak ki javaslatokat!
5. Készítsen olyan gyerekekkel interjút, akik nemrég tanulták, vagy most fejezték be a mechanikát, vagy annak valamelyik jól elhatárolható részét! Az interjú tematikáját Ön állítsa össze előre. Ebben gondoljon a következőkre is:

- Egy-két nagyon egyszerű, a gyermeki értelmezéseket vizsgálni képes feladat segítségével elemezni az elsajátított tudás színvonalát.
- Megtudni, hogy milyen módon tanulták a mechanikát az iskolában (a pedagógus alapvető módszerei, voltak-e kísérletek, beszélgettek-e az értelmezési nehézségekről, stb.)?
- Kérdezzük meg, mi jelentett a tanuló számára az átlagosnál nagyobb nehézséget a mechanika elsajátításában.
- Milyennek találja a tanuló a mechanika tanulását a többi témához képest (nehezebb, könnyebb, unalmasabb, érdekesebb, stb.)?

6. Csoportmunkában több gyerekkel is készíthetünk interjúkat, az eredményeket csoportmegbeszélésen összevethetjük, készíthetünk rövid dolgozatot.
7. Készítsünk fizikatanárral interjút a mechanika tanításával kapcsolatban (hogyan szokta tanítani, szereti-e, mi okoz nehézséget, mi nehéz a gyerekeknek, hogyan oldja meg a problémákat, hogyan viszonyul ahhoz, hogy a gyerekek arisztotelészi mozgásképpel rendelkeznek, jónak tartja-e a tankönyveket, stb.)! Ez a feladat is végezhető csoportmunkában, s azt az 5. pontban leírt feladatokkal itt is kiegészíthetjük.
8. Elemezzük behatóan valamelyik, tankönyvek által ajánlott mechanika kísérletet! Végezzük el a kísérletet, tanulmányozzuk a körülmények befolyásoló hatását, gondoljuk végig, van-e, lehet-e megfelelő eszköz az iskolákban! Milyen tanácsokat adnánk egy pedagógusnak a kísérlet elvégzésével kapcsolatban, és milyeneket a gyerekeknek, ha tanulókísérletről van szó? Gondoljuk végig, és írjuk le, hogy miképpen helyezkedhet el az adott kísérlet a gyerekek tudáskonstrukciós folyamataiban, elemezzük esetleg ennek a problémáit is!
9. Gyűjtsünk metaforákat, amelyeknek forrásterülete a mechanika, a mozgások! Elemezzük, hogy vajon a metaforákban fellelhető-e az arisztotelészi kép, vagy sem! Vajon miért lehetnek a nyelvben oly rendkívül fontosak a mozgásokat felhasználó metaforák, s miért van belőlük olyan sok? Egy-két példát említünk:

- A folyamat előrehaladt.
- Meglódult a meccs.

- Ez a hasonlat nem vihető át az emberekre.
- Adjunk egy lökést a vitának!
- Megállítjuk a vérzést.

10. Dolgozzunk ki csoportmunkában javaslatokat olyan egyszerű, játékos foglalkozásokra vagy foglalkozás-részletekre, amelyeket alsó tagozatosok számára lehetne tartani, és segítené a mechanika tanulásának előkészítését!
11. Nézze át mechanikai tanulmányait abból a szempontból, hogy az egyes esetek leírásához milyen egyszerűsítő feltételezéseket használtak a jelenség leírásánál!

Felhasznált irodalom

Balogh Lászlóné (1995): *Fizika I. Mechanika, hőtan középiskolásoknak*. Calibra Kiadó, Budapest.

Baranyi Károly (1992): *A fizikai gondolkodás iskolája I., II., III.* Akadémiai Kiadó, Budapest.

Dede Miklós (1977): On the evolution of some mechanical concepts. In: Marx György (Szerk.): *Momentum in the school*. Roland Eötvös Physical Society, Committee for Training of the Federation of Technical and Scientific Societies, Budapest. 5-18.

Dede Miklós és Isza Sándor (1989): *Fizika. Gimnázium II. osztály*. Tankönyvkiadó, Budapest.

Fényes Imre (Szerk.) (1971): *Modern fizikai kisenciklopédia*. Gondolat Kiadó, Budapest.

Gulyás János, Honyek Gyula, Markovits Tibor, Szalóki Dezső és Varga Antal (1998): *Fizika. Mechanika.* Műszaki Könyvkiadó, Budapest.

Holics László (Szerk.) (1986): *Fizika.* Műszaki Könyvkiadó, Budapest.

Isza Sándor (1987): A mechanika tradicionális sztatikai felépítésének bírálata. *A Fizika Tanítása*, XXVI(3-4-5)

Zátonyi Sándor és ifj. Zátonyi Sándor (1993): *Fizika. Mechanika és hőtan*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.

11.2. Az anyag részecsketermészetének elfogadtatása

WAGNER ÉVA ÉS RADNÓTI KATALIN

11.2.1. Történeti áttekintés

Az anyaggal kapcsolatos legelső nézeteket a *görög filozófusok* hagyták ránk. *Demokritosz* (kr.e. 460-370) szerint minden létező folytonosan mozgó, tovább nem osztható atomokból áll. Az atomok közt azonban nincs minőségi különbség. Az atomokon és az üres téren kívül nem létezik semmi. A tárgyak különbsége csupán az

atomjaik száma, nagysága, alakja és rendje szerinti különbségektől függ. Az atomok száma és alakja a világmindenségben végtelen. Demokritosz nem beszél viszont az atomok közti kölcsönhatásokról, így elmélete alapján nem érthető, hogy miért maradnak együtt az atomok, illetve bizonyos esetekben miért válnak szét.

A kölcsönhatás gondolata *Epikürosznál* (kr.e.341-270.) jelenik meg, aki az atomokat különböző horgokkal és kapcsokkal képzeli el. Elmélete azonban nem magyarázza meg, hogy ha összetörjük a horgokat és kapcsokat, például elpárologtatjuk a vizet, később azok mégis regenerálódnak, a víz lecsapódik.

A legfontosabb és a középkorban elfogadott, később dogmaként tisztelt elképzelést *Arisztotelész* (kr.e. 384-322) alkotta, aki *Platón* tanítványa volt. Elképzelése ősrégi indiai alapokon állt, miszerint a világon minden létező *négy elem*ből, tűzből, levegőből, vízből és földből áll. Ezekhez hozzátett még egy ötödiket is az étert, és ebből állónak képzelte a földi tárgyaktól lényegükben különböző égitesteket.

Míg az atomista nézetek szerint az ütközések, az atomok egyesülése vagy szétoszlása okozza a kémiai és fizikai jelenségeket, addig Arisztotelész szerint ezek oka az őselemek, illetve az őstulajdonságok arányának megváltozása. *Az anyag szerinte folytonosan osztható.* Atomok nem létezhetnek, hiszen akkor közöttük vákuumnak kellene lenni, elképzelése szerint pedig a természet iszonyodik az űrtől, ez a „horror vacui", hiszen például a kisebb vízcseppek is nagyobbakká olvadnak össze.

A középkorban a keresztény Európa az arabok közvetítésével ismerkedik meg az antik tudománnyal. Az arabok Arisztotelész elképzeléseit vették át.

Csak a XVII. század elején találkozhatunk olyan véleményekkel, amelyek már nem ragaszkodnak szigorúan az arisztotelészi elképzelésekhez, hanem módosítgatják, megfigyeléseknek, kísérleteknek vetik alá, és ezek alapján jutnak új következtetésekhez. *Jan Batiste van Helmont* (1577-1644) megállapításai a halmazállapot-változásokról, az oldásról, továbbá arról, hogy az anyagi minőség ilyenkor a forma megváltozása ellenére változatlan marad, felvetette a kérdést, hogy miként lehet ezeket a tapasztalatokat magyarázni. És ekkor ismét előkerül *az ókori atomelmélet*.

A korabeli szerzők írásaiban egyre többször fordul elő az atom szó, bár annak értelmezése még nagyon változó. *Giordano Bruno* (1548-1600) - máglyán fejezte be életét - lehetett az első, aki újból felelevenítette az atomelméletet. *Galilei* atomképe viszont inkább a geometriai ponthoz hasonlatos.

Daniel Sennert (1572-1637) német orvos szerint *az anyagok szaga* is szükségszerűen feltételezi, hogy igen kicsi részecskék szabaduljanak el belőle. Elképzelése az arisztotelészi és a demokritoszi kép között van, miszerint vannak elsőrendű atomok, a tűz, a levegő, a víz és a földatomok.

Sennert nyomán egyre több híve lett az atomelméletnek, ám a hivatalos tudomány továbbra is az arisztotelészi tanokat hirdette. Egy francia pap, *Pierre Gassendi* (1592-1655) nyúl vissza az eredeti ókori demokritoszi elképzelésekhez: *Evangelista Torricelli* (1608-1647) híres kísérletére is hivatkozva elismerte az üres tér létezését. A külső légnyomás ugyanis csak 760 mm magasra nyomja fel a higanyt a csőben, e felett pedig légüres tér van. Elképzelése szerint a testeken belül is üres

terek vannak, amelyekben az atomok mozognak. Az atomok egy ősanyag legkisebb, tovább már nem osztható részecskéi. Anyagilag azonosak, de nagyságuk, tömegük és alakjuk szerint különbözőek. Az atomokból kis képződmények jöhetnek létre, amelyeket *molekulának* nevezett. *Ettől kezdve az atomisztikus elképzelés már minden tudományos elméletben fellelhető*.

Isaac Newton (1643-1727) természetesnek vette a szüntelenül mozgó atomok létezését, a részecskéket (még a fény esetében is, hiszen a fény részecskemodellje tőle származik) az általa feltételezett abszolút térben és abszolút időben helyezte el, mechanikai kölcsönhatást feltételezve közöttük.

Robert Boyle minden általa vizsgált jelenséget az anyag részecsketermészetével próbált megmagyarázni.

A reakciók tanulmányozása során *a kémikusok számszerűleg kifejezhető törvények után kutatnak*. Rájönnek, hogy a közömbösítésnél, illetve az oxidok képződésénél a vegyületek csak bizonyos meghatározott tömegarányok szerint jöhetnek létre. *Joseph Louis Proust* (1755-1826) felismeri, hogy ha két elem egymással többféle vegyületet alkot, akkor az *arányok ugrásszerűen változnak* és minden vegyület határozott tömegaránnyal rendelkezik. *John Dalton* (1766-1844) jön rá arra, hogy ha két elem többféle vegyületet alkothat egymással, akkor az egyik elem azon mennyiségei, amelyek a másik elem ugyanazon mennyiségeivel képesek vegyülni, úgy aránylanak egymáshoz, mint a kicsiny egész számok. És ennek indoklása atomelmélet. *John Dalton* (1766-1844) atomelmélete azonban *különbözik minden addigi atomelmélettől, mivel mennyiségi értelmezést is ad*.

Az atomok Dalton szerint az anyag legkisebb részecskéi. Ugyanazon elem atomjai minden tulajdonságban hasonlítanak egymáshoz, a különböző elemek atomjai azonban különbözőek. A vegyületek pedig az atomok egyesülésével jönnek létre és csak egész atomok egyesülhetnek. Ezzel válik érthetővé az állandó tömegarányok törvénye! A különböző elemek atomjainak tömege különböző. *A vegyületek képződésénél megállapított állandó tömegarányok nyilván az egyes atomok eltérő tömegének a következményei.* Ha tehát választunk egy viszonyítási alapot, akkor az atomok egymáshoz viszonyított tömege megadható. E célra végül is a legkönnyebb elemet, a hidrogént választották.

Az atomelmélet kísérleti igazolásának tekinthetők a vegyülő gázok térfogati törvényei.

1805-ben *Louis Joseph Gay-Lussac* (1778-1850) és *Alexander Humboldt* (1769-1859) a víz képződésének feltételeit vizsgálta különös tekintettel arra az esetre, amikor vagy a hidrogén vagy az oxigén feleslegben volt. Pl. 200 térfogatrész hidrogén és 100 térfogatrész oxigén elektromos szikrával való robbantásakor a gázhalmazállapot teljesen eltűnik. Viszont 100 térfogatrész oxigénrészhez 300 térfogatrész hidrogént keverve 100 térfogatrész hidrogén megmarad stb. Vagyis megállapították, hogy a hidrogén és az oxigén 2:1 térfogatarányban vegyül, függetlenül attól, hogy melyikből mennyi van.

Az atomos, illetve a molekuláris szemléletet a fizika oldaláról az 1865-től kialakuló kinetikus gázelmélet támasztja alá, amely statisztikai meggondolások segítségével szemléletesen értelmezte például a gázok nyomását, a belső energiát, a gázmolekulák sebességének nagyságát stb. *Joseph Loschmidt* (1821-1895) ennek

alapján meg is határozza a molnyi mennyiségű anyagban lévő molekulák számát, amelyet napjainkban inkább Avogadro-állandónak hívnak. Ne felejtsük el azonban, hogy az atomos felfogás ebben a korban még elég hipotetikus jellegű és a 19-20. század fordulója táján sokan elutasították, illetve nem tekintették többnek egyszerű munkahipotézisnél. Teljesen meggyőző bizonyítékként az *Einstein* által 1905-ben értelmezett Brown-mozgást és a röntgensugarak kristályokon való elhajlására vonatkozó 1912-ben végrehajtott *Laue*-kísérletet lehet tekinteni. A legdöntőbb bizonyítéknak azonban az a tény tekinthető, hogy az Avogadro-állandót számos jelenség vizsgálatából, egymástól független módszerekkel is meghatározták (pl. a Brown-mozgás, elektrolízis, radioaktivitás), amelyek a kísérleti hibák határán belül ugyanarra az eredményre vezettek. Értéke a jelenleg legpontosabbnak elfogadott mérések szerint: $L = 6{,}0225 \cdot 10^{23}$.

11.2.2. Atomos szemlélet a tankönyvekben

Az 50-es évek általános iskolai tantervei és az annak alapján íródott tankönyvek már tartalmaztak rövid ismertetést az anyag részecsketermészetéről. A halmazállapot-változás és a hőtágulás jelenségét már ezzel magyarázták, de ez a szemlélet nem húzódott végig az egész tananyagon. Az ezt követő, 1963-ban megjelent tanterv utasítása szerint az elkészült tankönyvek csak az elektromos áram elképzeltetésére adtak némi anyagszerkezeti magyarázatot. Ezt követően a 70-es évek elején kezdődtek el a kísérletek a természettudományos nevelés megújítását célozva a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával.

A témával foglalkozó szakemberek a természettudományos műveltség meghatározó tartalmának a következő négy alapelvet tekintették:

1. Az anyag mozgástörvényei
2. Az anyag struktúrája
3. Az anyag története, evolúciója
4. Az élő anyag speciális jellemzői

Ennek megfelelően több tankönyvsorozat is készült. Az egyik tankönyvsorozat alkotógárdájának vezetője Halász Tibor volt, a másik *Károlyházy Frigyes* és *Csákány Antalné* nevéhez fűzhető elsősorban, akikről a fizikatanítás történetével foglalkozó fejezetben már olvashattunk.

Az anyag részecskékből való felépítettsége a 6.osztályos tananyagban jelent meg. Az oktatott egész fizika tananyag egyik fontos alappillére lett, és napjaink tanterveiben is az. A részecskeszemlélet egyes hőtani részek értelmezésénél jelenik meg, a hőtágulás, a halmazállapot-változás, a hővezetés, a hőáramlás tárgyalásánál. Ez a tárgyalásmód szemléletesebb képet alakít ki a hőmérsékletről, a belső energiáról. Ez a szemlélet a NAT és a Kerettantervhez írott tankönyvek legtöbbjében fellelhető. Általában külön leckeként szerepel (Zátonyi – ifj. Zátonyi 1994, Csákányné- Károlyházy 1994). Vannak azonban olyan, általános iskolások részére írt tankönyvek, amelyeknek szerzői úgy gondolják, hogy a gyerekek számára már teljesen természetes az anyag részecske természete.

11.2.3. Az anyagszerkezet tanításának első lépései

Az anyagszerkezet tanítása a természettudományos tantárgyak tanulása szempontjából az egyik kulcsfontosságú témakör. Különös jelentőségének több oka is van. Azt talán nem is kellene mondani, annyira triviális, hogy mai világunkban már aligha lehet ellentmondásmentesen eligazodni folytonos anyagképpel. Nem lehet sikeresen értelmezni az iskolában tanultakat, az időjárás alakulását, a kémiai kötéseket, az egészségünkkel, a biológiai "működésünkkel" kapcsolatos folyamamtokat, de nem lehet megérteni a földtörténeti-, és a régészeti kutatások során alkalmazott jó néhány eljárás alapjait sem.

Különös a jelentősége a téma tanításának azért is, mert jószerével az anyag részecskékből való felépítettségének elve, és a gázok számos tulajdonságát hatékonyan magyarázni tudó golyó-modell az első a tanítás során, amelyről *a gyerekeknek be is valljuk, hogy modell*. Így aztán e téma tanításánál a tananyagon túl, deklaráltan is foglalkozunk a természet megismerése során alkalmazott eljárással, a modellezéssel.

A legtöbb tanterv szerint az anyag részecskemodelljét már a fizikatanulmányok legelején ki kell alakítani a gyerekekben. Ez a bevezetés gyakran szervesen illeszkedik a hőtan ismereteinek tárgyalásába, s a részecskemodellt a hőmérséklet és a belső energia értelmezésénél, a gázok nyomása, a halmazállapot-változások, a hőtágulás magyarázatánál alkalmazzuk. Később, Magyarországon a középfokú oktatásban a hőtan elmélyültebb tárgyalásánál, illetve a fizikatanulmányok végén a modern fizikai ismeretek tanításánál találkozunk újra a részecskeszemlélettel. Könyvünk e fejezetében elsősorban a részecskekép kialakításának folyamatát mutatjuk be, illetve itt kap helyet a hőmérséklet értelmezésében való felhasználás is. A további hőtani alkalmazások, valamint a modern fizikai fejezetek tanításának kérdései könyvünk további részeiben találhatók.

A helyzetet a tanítás szempontjából megkönnyíti, hogy a leggyakrabban alkalmazott modell, amit gyakran „golyó modell"-nek is nevezünk, viszonylag egyszerű. Az elsajátítást pedig az teszi különlegessé, hogy a gázok golyómodelljének alkalmazásával rendkívül sok egyszerű, látványos kísérlet értelmezhető, és rengeteg hétköznapi jelenség magyarázható meg eredményesen. Ez arra ad jó lehetőséget, hogy a modell alkalmazhatóságáról a gyerekeket a saját tevékenységeik győzhetik meg. E téma tanulása során az elmélet alkalmazása, és néhány részlettel való bővítése a diákok többsége számára izgalmas szellemi kihívást jelenthet. A téma eredményes tanulásához a kezdeti szakaszban (a számszerű összefüggések megfogalmazása előtt) nagyon kevés előismeret szükséges, így különösen az általános iskolában megfigyelhető, hogy gyakran olyan diákok teljesítenek kiemelkedően e témában, akik korábban nem mutattak a tantárgy iránt különös érdeklődést.

Természetesen csakúgy, mint a fizika más témaköreinél, itt is fontos tisztában lennünk azzal, hogy milyen előzetes elképzelésekkel kezdenek hozzá tanítványaink a munkához. Az ezzel kapcsolatos legfontosabb ismeretekről a gyermektudományokkal foglalkozó fejezetben olvashatunk. Most csak azt szeretnénk kiemelni, hogy a diákok közül viszonylag sokaknál tapasztalhatjuk a téma tanítása során, hogy az anyag korpuszkuláris felépítettségéről alkotott elmélet és a folytonos anyagkép egyidejűleg, egymással versengve határozza meg a kérdésekre adott válaszaikat. Az egyes magyarázatokban gyakorta felfedezhető e két elmélet elemeinek „összefésülése" is.

Nem ritka az sem, hogy a gyerekek bizonyos jelenségeket a folytonos anyag elképzelése alapján magyaráznak meg, vagy a két elmélet összebékítésére tett konstrukciós kísérleteik során olyan változatokkal állnak elő, amelyek szakmailag nem helyesek ugyan, de ezt a gyerekek ismereteik alapján nem tudhatják. Nagyon gyakori például a hőmérséklet okozta térfogati változások magyarázatára az a gyermeki elmélet, hogy a részecskék a magasabb hőmérséklet hatására megnőnek. Ez, természetesen nem igaz, de a golyómodellben nem szoktuk megfogalmazni azt, hogy a részecskéket jelképező merev golyók mérete állandó. Így logikailag akár jó is lehetne a gyerekek megoldása, persze tudjuk, hogy ez a magyarázat nem helyes. Az előbbi példát azért mondtuk el, mert e téma tanítása során különösen igaz, hogy csak akkor van esélyünk az igazi sikerre, ha a gyermeki magyarázatok értékelésénél mindig figyelembe vesszük, hogy azok alapján az ismeretek alapján, amelyekkel a gyermek rendelkezhet, logikailag helyes-e a válasza. Ha igen, és ez a konstrukciók fejlődése, alakulása szempontjából hallatlanul fontos, azt meg kell mondanunk, akkor is, ha esetleg a végeredmény tudományos szempontból még nem helyes. Miután itt deklaráltan egy modell működtetése során nyert eredményekről, magyarázatokról van szó, különös gonddal kell értékelni és elemezni a diákok válaszait. Természetesen azonnal ki kell egészíteni a modellt, el kell mondani a helyes megoldást.

11.2.4. A téma tanulásához szükséges ismeretek, az előzetes tudás

A téma tanulásakor a következő tudásra építhetünk:

- Egyenes vonalú, egyenletes mozgás fenomenológiai leírása,
- annak elfogadása, hogy a mozgásállapot-változás oka kölcsönhatás,
- intuitív energia-fogalom,
- belső képek megfogalmazásának elemi szintje,
- modell ismerete,
- együttműködés a társakkal,
- alapvető kísérletezési jártasságok.

A felsorolt tudásterületek mindegyike a téma tanulásának során jelentős fejlődésen megy majd keresztül, de minden esetben tisztában kell lennünk azzal, hogy e tudásterületekre szükség van, tehát feladatunk fejleszteni ezeket.

Mint azt már korábban említettük, e téma tanulása során is számolnunk kell azzal, hogy a gyerekek előzetes tudása más elemeket tartalmaz, mint a "közvetíteni" kívánt elmélet. Szerencsére a hétköznapi életben itt nincsenek olyan erőteljes ellenhatások, amelyek az elmélet elsajátítását oly mértékben nehezítenék, mint például az arisztotelészi mozgáselmélet a dinamika tanulása során, vagy a feszültség és áramerősség fogalmak azonossá válása az elektromosságtanban. Miután a különféle könyvek, filmek és Tv-műsorok indukálta egyéni konstrukciós folyamatok eredményeképpen elképzelhető az is, hogy tanítványaink egy része már birtokolja azt a tudást, amit mi meg szeretnénk nekik tanítani, most is fontos az előzetes tudás megismerése. Ehhez most is használhatunk tesztfeladatot, de szervezhetünk beszélgetést is, amelyben megkérjük a gyerekeket, hogy mondják el, vagy rajzolják le, milyennek

képzelik a gázokat. Már az első kérdések feltevésénél számolnunk kell azzal, hogy a gyerekek még jó ideig egymás szinonimájaként használják a „levegő” és a „gáz”, később a folyadékoknál pedig a „folyadék” és a „víz” szavakat. Így a kérdés foroghat akörül is, hogy mit látnánk, ha láthatnánk azt, hogy milyen is a levegő? Lehetnek olyan tanítványaink is, akik számára a levegő még nem anyag, az ő számukra kezdeti kérdéseink nehezen értelmezhetők. Ha felfigyelünk olyan diákra, aki a beszélgetésben egyáltalán nem vesz részt, vagy rendszeresen jelzi, hogy nem érti kérdéseinket, akkor erre is gondolhatunk. Ezt a tanulási folyamat tervezésénél figyelembe kell vennünk, például úgy, hogy olyan diákokkal egy csoportban dolgoznak majd, akiknél már ez a tudásterület megfelelő, és ezért a jól kiválasztott feladatok megoldása során mindenki eljut majd oda, hogy a levegőt, és így a gázokat is anyagként kezeli.

Ahogyan a téma tanulásában előre haladunk, egyre fontosabb problémává válik az energiafogalom, és a hőmérséklet fogalom anyagszerkezeti értelmezése. Az energiával kapcsolatos gyermeki értelmezéseket részletesen a gyermektudományokkal foglalkozó fejezetben elemeztük. Az anyagszerkezet témakörében jó lehetőség van arra, hogy az alakuló energiakép pontosabbá válhasson, új elemekkel bővülhessen. Tisztában kell lennünk azonban azzal, hogy milyen nehéz feladat elé állítjuk tanítványainkat, amikor egy legtöbbjük számára teljesen új ismeretkörben egy igen nehéz fogalom elemeinek tisztázását kérjük tőlük.

A továbbiakban bemutatunk egy lehetséges megoldást arra, hogy az előzetes ismeretek felmérése után hogyan alakíthatjuk és erősíthetjük meg a kisdiákokban az anyag részecskékből való felépítettségének elvét.

11.2.5. Hogyan építsük föl az anyagszerkezet témakört?

Az anyag részecskékből áll –anyagszerkezeti modellek

A fentiekben kiemeltük a gyerekek előzetes tudásával kapcsolatban szükségessé váló felmérést, tájékozódást. A továbbiakban a témakör tanítására vonatkozóan közlünk egy elképzelést, amelyben részletesen már csak a felmérést követő javasolt eljárásokat írjuk le.

1. A téma tanítását a gyerekek anyagképének felmérésével kazdjük, ezt tárgyaltuk fentebb részletesen is.
2. Kiindulva az előzetes tudás felmérésének eredményeiből, a gyerekekkel ki kell mondatnunk, hogy miképpen gondolkodnak az anyag szerekezetéről. Olyan jelenségeket kell eléjük tárnunk, ha lehet kísérletileg bemutatnunk, vagy csoportokban velük elvégeztetnünk, amelyek kihívást jelentenek a folytonos anyagkép számára. Pédául alkalmas erre a közismert víz-alkohol kísérlet (a keletkező elegy térfogata kisebb, mint az összetevők térfogatának összege), bármely diffúzióval kapcsolatos kísérlet. Magyaráztassuk el a gyerekkel, hogyan képzelik el a folyamatokat, koncentráljunk a folytonos anyagkép és a részecskekép közötti különbségekre. Akár vitát is rendezhetünk azok között, akik még folytonos anyagképpel rendelkeznek, illetve akik már valamifajta részecskeképet birtokolnak.
3. Miután sikerült feszültséget kialakítanunk, érdemes *ismertetni a gyerekekkel* azt *a modellt*, amelyet a továbbiakban használunk. Ez történhet tanári előadással, beszélgetésben,

kérdve kifejtéses módon is. Arra felhívjuk a figyelmet, hogy itt nem alkalmazható a felfedeztetés, hiszen a gyerekek egy része számára fogalmilag új elméletről van szó.
4. A gyerekek által elvégezhető *kísérlete**k*** során tapasztaltak *magyarázata a modell alkalmazásával***.** Ha az osztály megfelelően felkészült a kísérletezésre, és a gyerekek tudnak együttműködni, akkor ezt a szakaszt célszerű differenciált módon megszervezni, hiszen lehetnek olyan csoportok, amelyek már korábban is rendelkeztek a részecske képpel, ők bonyolultabb, összetettebb jelenségek magyarázatával foglalkozhatnak. Azok számára, akik korábban a folytonos anyagképet birtokolták, olyan jelenségeket kell választani, amelyek magyarázatánál a golyómodell sikeres. A témával foglalkozó fizikakönyvekben szerencsére számos kísérlet leírása megtalálható, így bőséges anyag áll rendelkezésünkre. A válogatás során a gyerekek tudásának aktuális állapotán túl arra is ügyeljünk, hogy a jelenség mindenki által ismert legyen, a kísérletet pedig mindenki el tudja végezni.

A tervezéskor szembesülünk azzal, hogy a gyerekek még alig tudnak kísérletezni és nehézkes az együttműködés megszervezése is, akkor e tudásterületek fejlesztése is feladatunk. Erre jó az esély, hiszen e témakör feldolgozására rendszerint a fizikatanítás első időszakában kerül sor. Ha tehát a gyerekeknél problémát jelent a kísérletezés, mert korábban keveset volt rá alkalmuk, akkor most azzal kell számolnunk, hogy az eszközökkel játszanak, mindenfélét kipróbálnak, zaj lesz, nehezen szerveződik meg a munka. Készüljünk fel erre a helyzetre! Ilyenkor az első néhány kísérlet elvégzésére több időt tervezzünk, és a direktebb irányításból fokozatosan térjünk át az önálló csoportmunka végzésére. Többnyire e téma tanítása kapcsán kerül sor arra, hogy a gyerekeknek megmutassuk, hogyan kell rögzíteni egy kísérlet tapasztalatait. Ahogyan a téma más részeinek tanítása során, itt is érdemes először megkérdezni a gyerekek előrejelzéseit a kísérletek várható kimenetelével kapcsolatban. Vagyis a *hipotézis – megfigyelés – magyarázat* sorrendet érdemes alkalmazni ezekben az esetekben is. A kísérlet várható eredményével kapcsolatos előrejelzés nemcsak fontos konstrukciós folyamatokat indukál a gyerekekben, de segít abban is, hogy *megtanuljanak a kísérlet szempontjából fontos történésekre koncentrálni*. Ha az önálló munka során az egyes gyerekeknek, vagy csoportoknak a megfigyelései közé nagyon sok, a kísérlet szempontjából lényegtelen momentum kerül, az legtöbbször arra figyelmeztetheti a tanárt, hogy a tanítandó ismeretek megértése terén alapvető gondokkal küzdenek a gyerekek.
5. A tudás alakulását most egyéni problémamegoldással, jelenségmagyarázattal ellenőrizhetjük, de ha a csoportok munkájának figyelemmel kísérése során elegendő ismeretünk van arról, hogyan alakulnak a gyerekek konstrukciós folyamatai, itt el is hagyhatjuk a külön ellenőrzést.
6. A *folyadékok és a szilárd testek modelljének megismerése* az előbbihez hasonló módon történik. A folyadékok szerkezetével kapcsolatosan várhatóan újra felszínre törnek a folytonos anyag-kép elemei, olyan diákoknál is számíthatunk erre, akik a gázokkal kapcsolatban már a tanulás kezdetén is a részecskeképpel rendelkeztek. Ennek a résznek az a különös jelentősége, hogy kialakítsa, illetve megerősítse azt az elképzelést a gyerekekben, hogy ugyanannak az anyagnak a részecskéi más halmazállapotban is ugyanazok maradnak.
7. Az anyagszerkezeti modell kialakítása után rátérhetünk a hőmérséklet fogalom anyagszerkezeti értelmezésére. Tisztában kell lennünk azzal, hogy a gyerekek a hőmérséklet fogalmát már birtokolják. Egyrészt eddigi életük során számtalan alkalommal találkoztak már vele (időjárás-jelentés, szülői figyelmeztetés az öltözködéskor, a Balaton vizének

hőmérséklete, stb.), másrészt korábbi, alsó tagozatos tanulmányaik során is foglalkoztak vele. Az anyagszerkezeti modellünk, vagyis a golyómodell jelentősége részben abban áll, hogy egészen összetett, nehezen megkonstruálható ismeretek válnak segítségével nem is túl nehezen értelmezhetővé, ha sikerült „rájönni az ízére", vagyis ha sikerült láttatnunk, hogy a modell milyen sok mindenre használható, milyen nagy hatékonyságú, ha bátran merjük alkalmazni.

A gyermektudománnyal foglalkozó fejezetben azonban bemutattuk, hogy a gyermeki hőmérséklet fogalom lényegesen eltérhet attól, amit a tudomány tart erről a fontos fizikai mennyiségről. A differenciálatlan „hő" fogalommal mosódhat össze, s a gyerekek számára gyakran jelenhet meg mint összeadódó és nem kiegyenlítődő mennyiség. Az anyagszerkezeti értelmezés esetén viszont még egy nehézséggel kell számolnunk: sok gyerek birtokolhat már részecskeképet, de még nem egy kiforrott értelmezésben, hanem úgy, hogy a makroszkopikus anyag tulajdonságait mintegy „átviszik" a részecskékre, amelyek szinte tárgyakként vagy nagyobb anyagdarabokként jelennek meg előttük, s ugyanúgy melegszenek, tágulnak, összehúzódnak, elégnek, oldódnak, mint a szemünkkel érzékelt nagyobb anyagdarabok, testek. Ez két szempontból is probléma a tanítás során. Egyrészt gondot okozhat, hogy a hőmérséklet változásának mérésére a folyadékok vagy a gázok hőtágulását használjuk fel, s ez sok gyerek számára a részecskék tágulását jelentheti. A másik probléma még súlyosabb: sokan gondolhatják, hogy az anyag melegedése során a részecskék melegednek, s így számukra nehéz lesz elfogadni, hogy a részecskék gyorsabb, szaporább mozgása az, amit mi hétköznapi módon melegedésnek érzékelünk.

A fentiekből következik, hogy a tanítás során e két sajátos értelmezési lehetőség jelenlétét meg kell vizsgálni, s ha azt tapasztaljuk, hogy gondot okozhatnak, akkor előbb tisztábbá kell tenni a részecskeképet. Könyvünkben már sok esetben leírtuk, milyen eljárásokat használhatunk e feladat végrehajtására. A gyerekeket szembesíteni kell saját elgondolásaik következményeivel, ki kell mondatni velük, milyen elképzeléseket hordoznak magukban, vitákat kell szervezni, kísérleteket kell terveztetni és végrehajtatni kiscsoportos formában, hogy a gyerekek előtt világos legyen, hogyan gondolkodnak most a kérdésben, s hogyan lehet másképpen is gondolkodni erről.

Ha már elhárítottuk az itt leírt,, nem is kicsi akadályt, akkor egy érdekes része következhet a hõmérséklet fogalom formálásának: felfedeztetjük a gyerekekkel azt az összefüggést, hogy a hõmérséklet emelkedése valójában a részecskék gyorsabb, szaporább mozgása. Furcsa lehet, hogy itt felfedeztetést mondunk, pedig máshol a felfedeztetés lehetőségét tagadtuk. Nem általában vontuk kétségbe a felfedeztetés lehetőségét, hanem olyan esetekben, amelyekben a gyerekek előzetes tudása nem megfelelő vagy egyszerűen nem konstruálódott még meg. Ilyen helyzetben nem lehet felfedezni összefüggéseket. De ha adottak a feltételek, s intenzív értelmi erőfeszítéssel rá lehet jönni, meg lehet sejteni azt, amit szeretnénk felfedeztetni, akkor ennek az eljárásnak komoly előnyei vannak. Úgy véljük, s ebben tanítási tapasztalataink is megerősítenek bennünket, hogy a hőmérséklet anyagszerkezeti értelmezése felfedezhető. Arra van szükség, hogy kellően jó kérdéseket tegyünk fel, hagyjunk időt a gyerekeknek gondolkodni, egymás közt a problémát megbeszélni. Csoportokban dolgozhatunk, s kérjük meg a gyerekeket, tegyenek javaslatot arra, hogy vajon mi történhet a részecskékkel akkor, ha melegítjük az anyagot. Legyen ennél konkrétabb a kérdés, s adjunk meg valamilyen szituációt, folyamatot. Pl. a napsütésben kint hagyott focilabdába zárt levegõ részecskéi vajon „mit csinálnak",

miközben a levegő fölmelegszik. Vagy elvégeztethetünk, esetleg elvégezhetünk egy kísérletet, amelyben a dugóval jól lezárt, csak levegővel töltött kémcsövet melegítve egy idő után kiröpül a dugó. Vajon miért? – kérdezhetjük. A lényeg, hogy vitákban, megbeszéléssel rájöjjenek a gyerekek arra, hogy a melegítés során a részecskék egyre gyorsabban mozognak. Használhatjuk azt a tapasztalatot, hogy nyáron kevésbé kell felfújni az autók kerekét, mint télen, hogy összeroppan a kólásdoboz, amelyben előbb vizet forraltunk, majd nyílásával lefelé gyorsan hideg vízbe mártjuk, s miért horpad be a műanyag flakon hűtőbe téve, ha félig volt langyos vízzel. Kérhetjük a gyerekeket, hogy maguk is gyűjtsenek hasonló jelenségeket.

Feladatok

1. Készítse el a fenti tanítási egység témazáróját!
2. Tervezze meg a fenti tanítási egység érdeklődés szerinti csoportjai közül az egyik csoport számára szánt feladatokat!
3. Állítsa össze a tanítási egység 3/4 része után tervezett csoportmunkából induló egyéni differenciálás felé haladó tevékenység kezdetének csoportfeladatait. A feladatok kiválasztásánál törekedjen arra, hogy azok megoldása során diagnosztizálni tudjuk a sajátos, a tudományostól eltérő gyermeki elképzeléseket!
4. Vizsgáljon meg forgalomban lévő tankönyveket az anyag részecskeképének bevezetésével kapcsolatban! Figyeljen elsősorban a következőkre: a téma helye a tárgyalás során, a téma tanítása felépítésének különböző módjai, a középiskolai tankönyvek építkezése az általános iskolai tananyagra, a tanulói kísérletezés szerepe a feldolgozás során, a kifejtés tudományelméleti szemléletmódja.

Felhasznált irodalom

Balázs Lóránt- Hronszky Imre – Sain (1981): *Kémiatörténeti ABC.* Tankönyvkiadó, Budapest.

Csákány Antalné – Károlyházy Frigyes (1996): *Fizika 6.* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.

G.Gamow (1965): *A fizika története.* Gondolat Könyvkiadó, Budapest.

Haber-Schaim, U - Cross, J.B - Abegg, G.L - Dodge, J.H - Walter, J.A (1976): *Introductory Physical Science.* New Jersey.

Haber-Schaim, U - Cross, J.B - Abegg, G.L - Dodge, J.H - Walter, J.A (1976): *Introductory Physical Science Teacher guide.* New Jersey.

Haber-Schaim, U (1983): *Energy a sequel to IPS.* New Jersey.

Halász Tibor – Miskolczi Józsefné – Kovács László – Szántó Lajos (1985): *Hogyan tanítsuk a fizikát a 6.osztályban.* Tanári kézikönyv Tankönyvkiadó, Budapest.

Módos Tibor (1997): *Fizika 6.osztály.* Apáczai Kiadó, Celldömölk.

Radnóti Katalin (1997): A százéves elektron *Iskolakultúra* VII. évfolyam 4.szám 21-32.oldal.

Schiller Róbert (1987): *Rendszertelen bevezetés a fizikai kémiába a hidrogén ürügyén.* Műszaki Könyvkiadó, Budapest.

Simonyi Károly (1986): *A fizika kultúrtörténete.* Gondolat Kiadó, Budapest.

Zátonyi Sándor – ifj. Zátonyi Sándor (1994): *Fizika, mechanika és hőtan.* Tankönyv a 12-13 évesek számára Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.

Zátonyi Sándor – ifj. Zátonyi Sándor (1994): Fizika. Tanácsok a Fizika 6/1.és Fizika 6/2.tankönyvek és témazáró feladatlapok használatához. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.

11.3. A hőtan tanításával kapcsolatos kérdések vázlatos áttekintése

RADNÓTI KATALIN

A fizika, mint iskolai tantárgy tanítását Magyarországon általában a 6. évfolyamon kétféle módon volt szokás elkezdeni. Az egyik lehetőség a mechanikai kölcsönhatások, a testek mozgásának vizsgálata, mondván, a gyerekek ezzel naponta találkoznak. Különböző járműveken utazunk, amelyek gyakran változtatják mozgásállapotukat. A másik lehetőség a hőtan, amelyet "konyhafizikának" is neveznek, hiszen a hőjelenségekkel legtöbbször a konyhában találkozik naponta az ember. A jelenleg forgalomban lévő fizikatankönyv sorozatokban általában mind a két terület legfontosabb fogalmai az első év tananyagában szerepelnek. A hőtan fogalmai, törvényszerűségei, sajátos tárgyalásmódja nem csak a fizika területén belül érvényesülnek, hanem a többi természettudományos művelődési terület esetében is meghatározó jelentősséggel bírnak, alapozó jellegűek.

A fizika, mint tudomány szemszögéből vizsgálódva: a hőjelenségek leírására háromféle elmélet alakult ki. Az egyik a fenomenológikus, amely az anyag szerkezetéről semmiféle információt nem használ fel a leíráshoz. A másik a molekuláris, vagy kinetikus elmélet, amely az anyag korpuszkuláris szerkezetének felhasználásával egyrészt újra definiálja a fenomenológikus módszer keretében bevezetett fogalmakat, de az anyag szerkezetének figyelembe vételével a jelenségekről annál árnyaltabb képet képes nyújtani. A harmadik féle megközelítésmód a tulajdonképpen a kinetikus elméletből mintegy „kinőtt” statisztikus elmélet. (*Kotek*, 1985)

11.3.1. A hőtan története, az alapfogalmak kialakulása

Sok ezer év óta ismerte már az ember a mozgásnak, a munkának hővé alakítását, de a folyamat megfordítását, bár valószínűleg ismerte, nem tudta "technikailag" alkalmazni. A folyamat céltudatos megvalósítása több mint kétezer éve ismeretes. *Héron* szerkesztette az első, ilyen feladatot ellátó gépet. Számos, a hő "mozgatóerejét" felhasználó eszközt készítettek, de ezek nem voltak egyebek játékoknál, gyakorlati célokra ezeket nem használták fel, és ami még lényegesebb, tudományos jelentőségüket sem ismerték fel. Azt szokás mondani, hogy Héron találmánya megelőzte saját korát. Egyéb vonatkozásokban viszont egyre nagyobb mértékben használtak fel a gyakorlatban bizonyos hőjelenségeket, azonban az ehhez szükséges ismeretek nem voltak többek annál, mint amennyit minden józanul gondolkodó és szemlélő ember maga is megfigyelhet.

Mely területeken használta fel az emberiség a hőjelenségeket? Már az ókorban viszonylag fejlett volt a kohászat, amelynek elvi alapja az a már akkor is közismert tény, hogy hő hatására megváltozhat a testek halmazállapota, illetve kémiai átalakulások mehetnek végbe. Ismerték és felhasználták a testek hő hatására bekövetkező tágulásának a jelenségét, valamint a fagyást, olvadást, forrást stb.

Az emberi energia pótlásának igénye már az ókorban is létezett, hiszen a rabszolga, általában az emberi munka és a háziállat "ereje" drága volt. A hőerőgépek jelentősek is lehettek volna, a szükséges elvi alap ismert volt, de hiányzott az úgynevezett kiegészítő technika. Az ókori társadalmak nem voltak képesek ugyanis még ebben a korban jó minőségű, finoman megmunkált fémeket előállítani.

Az ókori görögök a természeti dolgokat halmazállapotokként, a természetet pedig halmazállapotok rendszereként próbálták felfogni és megérteni. Ennek a képnek a legjobb összefoglalását adta meg Arisztotelész, akit a középkorban oly nagyra becsültek. (Martinás - Ropolyi 1988)

A hőmérő megalkotását Galileinek tulajdonítják 1592-ben, amelyben a melegedést és a lehűlést a víz hőtágulása jelezte, de még nem volt skálája. Ennek birtokában lehetett azonban a differenciálatlan hőállapot fogalmát kettéválasztani egy intenzitást jelző, és egy kvantitatív jellegű mennyiségre. A hőmérő használatával továbbá kiküszöbölték a hőjelenségek szubjektív megítélését, a becslés helyett pontos mérési eljárást nyertek. Az ókorban azonban mindez teljesen ismeretlen volt. (Gamow 1965)

A köznapi nyelv a köznapi ember kultúrájának hű tükre. A hőérzettel kapcsolatos szavaink: fagyos, hideg, hűvös, langyos, meleg, forró, süt stb. valaminek a becslésszerű mérésére utalnak. E valaminek a hétköznapi fogalmát a "melegség" szó jelöli. Könnyen megállapítható, hogy ennek a "melegségnek" a köznapi értelme esetenként más és más, hol hőmérsékletre, hol hőmennyiségre, esetleg valami másra utal. (A hőmennyiség fogalma problematikus, mert sokszor keveredik értelmezése során az anyagmennyiségben tárolt energia - belső energia - egy résznek, valamint a termikus folyamatok során átadott energiának a fogalma.) Valójában egy differenciálatlan képzet, amely a köznapi ösztönzésre nem hasad tovább. Például a meleg ruha valójában nem magas hőmérsékletű, hanem jó hőszigetelő képességű ruhát jelent. Ha valamire azt mondjuk, hogy elég meleg, akkor az lehet ténylegesen magas hőmérsékletű (pl. elég meleg víz); lehet, hogy a fűtőtest, ami elég meleget ad, vagyis itt hőről van szó. (A ma leginkább elfogadott értelmezés szerint a hő a csak hőmérsékletváltozással járó kölcsönhatások során átadott, illetve átvett energia.) Vagyis a "meleg" fogalom jelentése a beszédbeli szituációtól függ, konkrét esetben a fogalom jelentése már egyértelművé válhat (Fényes 1980).

A 17. században a hő mibenlétéről alkotott felfogásban megtalálhatjuk a mai kinetikus elmélet csíráit. Az akkori elképzelés szerint a hő a testek részecskéinek mozgásából áll. Azt gondolhatnánk, hogy innen egyenes út vezet az első főtétel, az energia, a hő és a munka fogalmának és egymáshoz való viszonyának a felismeréséhez. Azonban nem ez történt. Első pillanatra meglepő ugyanis, hogy a későbbi korok tudósai elhagyják a hő kinetikus elméletét, és egy másik, úgynevezett hőanyagelméletet tesznek magukévá. (A korabeli szövegekben a hőanyagot caloriukumnak írták.)

A hőállapotnak “hőmennyiségre” és hőmérsékletre való felbontása *Joseph Black*-nek (1728-1799) köszönhető az 1760-as években. Az ő egyik tanítványa konstruálta meg a *hőanyagelmélet*et. A köznapi szemlélet hallgatólagosan a hőt önálló létezőnek tekinti, e felfogás tudományos elméletté fejlesztésének eredménye a hőanyagelmélet. E szerint a közönséges, kézzelfogható és tapintható anyagon kívül van egy úgynevezett hőanyag is. A hőanyag minden anyagi testben eleve benne van, továbbá minél több van belőle egy testben, annál magasabb a hőmérséklete. Ha két különböző hőmérsékletű test

érintkezik egymással, akkor a hőanyag a magasabb hőmérsékletű testből az alacsonyabb hőmérsékletű testbe áramlik át. Ennek következtében a hőanyagot veszítő test hőmérséklete csökken, a hőanyagot felvevőé pedig nő. A folyamat addig tart, amíg a két test hőmérséklete azonos nem lesz. A dolog megértését nagymértékben szemléletessé teszi a közlekedőedényekben álló vízszintekkel történő összehasonlítás. Black vezette be a fajhő fogalmát.

A calorikum olyan rugalmas folyadék, fluidum, amelynek egyes részei taszítják, ugyanakkor a közönséges anyag részei vonzzák őket az anyagi minőségtől és a halmazállapottól függő módon. Ez a fluidum nem semmisíthető meg és nem is teremthető, vagyis megmaradási törvény van rá. A tömegére vonatkozóan a vélemények megoszlottak. Volt aki azt gondolta, hogy nincs is tömege, ami nem okozott különösebb nehézséget, mivel az akkor ezzel párhuzamosan megalkotott elméletben az elektromos fluidum esetében ez megszokott volt.

A hőanyagelmélet tudatos kifejtése a 18. század második felére esik, ami azonban egyben az elmélet bukásának is a kezdete, hiszen az ellentmondásokat éppen a módszeres kutatás hozta felszínre. Nehezen magyarázható az elmélet szerint a halmazállapot-változásokat kísérő hő, amely nem okoz hőmérséklet emelkedést, s amelyet latens hőnek neveztek. Kezdetben azonban nem tulajdonítottak ezeknek a jelenségeknek nagy jelentőséget. *Antonie Laurent Lavoisier* (1743-1794), aki az abban a korban az égéssel kapcsolatban uralkodó flogisztonelméletet megdöntötte, a hőanyagelmélet alapján magyarázta a kalorimetriát, melyet méréseiben használt (Schiller 1987).

Tudományos nyelvünk a mindennapi élet kifejezéseit vette át, melyek a hőanyagelméletben jelentek meg először, de napjainkban is használatosak. Azt mondjuk, hogy a hő a melegebb hőmérsékletű helyről "áramlik" a hidegebb felé. A hőkapacitás (hőbefogadóképesség) szintén szerepel a mai tudományos nyelvben, holott a szó eredeti jelentése szintén a hőanyagfelfogásra utal. A hőtan tárgyalása során természetesen használjuk ezeket a kifejezéseket, viszont pontosan körülírva, hogy mit értünk az egyes fogalmakon. Azonban ahol csak tehetjük elkerüljük. Például a "hőmennyiség" szó használtata hibás, amikor azenergiaátadás mennyiségét akarjuk jelezni. Ekkor a "hő" szót használjuk. Ez nagyon fontos a tanítás szempontjából, mert a fizikatanítás során használt nyelv akaratlanul is erősítheti a gyerekekben a tudományétól eltérő értelmezéseket.

A hőanyagelmélet utolsó nagy eredménye a hővezetésnek *Jean Baptiste Fourier*-től (1768-1830) származó leírása.

És mégis mozgás a hő

A hőanyagelmélet megdöntését Benjamin Rumford (1752-1814) gróf nevéhez kötik elsősorban a német tudománytörténészek, aki meglehetősen kalandos életet élt. Tudományos tevékenysége Münchenhez kötődik, ahol mint a bajor király tanácsadója, majd a katonai arzenál vezetője tevékenykedett. Miután a hőanyag tömegét nem sikerült megmérni, úgy gondolta, hogy a "hőmennyiséget" talán inkább mozgásnak kellene tekinteni. A hőanyagelmélet legsebezhetőbb pontja az volt, hogy nem tudott számot adni a hő súrlódás útján való létrehozásáról. Ennek tanulmányozása végett Rumford részletesen megvizsgálta az ágyúcsövek kifúrásakor fellépő hőviszonyokat. Ennek

eredményeképpen megállapította, hogy a hő nem lehet más, mint mozgás, amely a mechanikai súrlódás következtében folyamatosan jön létre, és ily módon addig lehet a testből hőt kivonni, amíg a mechanikai munkával ezt a hőt előállítjuk. Kísérletei azonban nem voltak bizonyító erejűek, mivel a jelenség a hőanyagelmélettel is magyarázható volt.

Az energiamegmaradás tételének felfedezését három személyhez szokták kapcsolni: Julius Robert Mayer (1814-1878), James Joule (1818-1889) és Herman von Helmholtz (1821-1894).

Robert Mayer mint hajóorvos észrevette, hogy a trópusokon a matrózok vénás vére pirosabb, mint zordabb időjárású születési helyükön lenni szokott. Ez csak úgy lehet, hogy a szervezetben ilyenkor kisebb fokú oxidációs folyamatok zajlanak le, mivel az életműködés fenntartásához szükséges hő egy részét a természet szolgáltatja. Erről szóló cikke 1842-ben jelent meg az "Annalen der Chemie" című folyóiratban.

Joule már 1841-ben közölte az áram hőhatására vonatkozó, róla elnevezett törvényét. Az energiamegmaradás tételével kapcsolatos alapvető munkája 1845-ben jelent meg. A mérés elve az, hogy egy meghatározott tömegű test esése közben a gravitációs potenciális energia egy lapátos folyadékkeverőben az esés közbeni keverés által megnöveli a folyadék hőmérsékletét.

Helmholtz ide vonatkozó cikke 1847-ben jelent meg.

Az energiamegmaradás elvének megfogalmazása után ismét elfogadottá vált a hő kinetikus elmélete, egyelőre azonban csak a kinetikus gázelmélet. Ettől kezdve a makroszkopikus leírást adó, úgynevezett fenomenologikus termodinamika, a kinetikus gázelmélet és a statisztikus megközelítések egymást kiegészítve haladtak előre. Itt meg kell említenünk Rudolf Clausiust (1822-1888), aki 1867-ben bevezeti az entrópia fogalmát a fiatalon elhunyt Sadi Carnot (1796-1832) munkájának felhasználásával, Ludwig Boltzmannt (1844-1906), aki az entrópiát statisztikus szemlélettel értelmezi és Maxwellt, aki a gázmolekulák sebességeloszlását adja meg egyensúlyi állapotban.

1852-ben Kelvin (William Thomson 1824-1907) hangsúlyozta először, hogy a természeti folyamatok tendenciája, hogy a különböző energiafajták végülis disszipálódnak (szétszóródnak a sok szabadsági fokra), kiegyenlítve így minden hőmérsékletkülönbséget. A folyamatok irreverzibilitása, a maximális entrópia irányában való lefolyás felvet egy érdekes problémát, amelyet "hőhalálnak" neveznek. Ezek szerint a világban végbemenő minden történés a világegyetem összentrópiájának növekedését eredményezi, így végülis világunk eljut a maximális entrópiájú állapotba. Ekkorra minden hőmérsékletkülönbség eltűnik, és ezzel megszűnik az élet lehetősége is.

A 20. században a termodinamika fejlődése során az érdeklődés eltolódott a nemegyensúlyi állapotok és az irreverzibilis folyamatok irányába, különös hangsúlyt fektetve a biológiai jelenségekre.

Szólnunk kell témakörünk elnevezéséről is. Sokszor használják a hőjelenségekkel kapcsolatos tárgyalás, vizsgálatok megjelölésére a hőtan kifejezést, de a termodinamika kifejezés is előfordul. Ez utóbbi nem egészen helyes, hiszen megállapításokat mindig csak sztatikus, egyensúlyi állapotokra, ezek összehasonlítására teszünk, vagyis helyesebb lenne a termosztatika elnevezés.

A hőtan kialakulása és fejlődése nem választható el a többi természettudomány fejlődésétől. Az energia fogalmának kialakulását és vele együtt az energia

megmaradásának, a termodinamika első főtételének a viszonylag késői felismerését a hő és a (mechanikai, elektromos, kémiai) munka "rokon" voltának kísérleti bizonyítása tette lehetővé. A munka és a hő analóg fogalmak, mindkettő energiaközlési forma, de egyik sem energiafajta. Ezért az a kifejezés, hogy "hőenergia" nem elfogadható!

A hőtan a természeti jelenségek egészét átfogó diszciplína, a jelenségek energetikai szemléletű tárgyalása, amelynek központi problémája az energia disszipációja. A disszipáció egy zárt rendszerben az energia munkavégző képességének csökkenése, hiszen a hőmérséklet-kiegyenlítődés megszünteti a munkavégzés lehetőségét a rendszerben. Mindez úgy következik be, hogy az energia megmarad. Vigyázat, *az energia nem azonos a munkavégző képességgel*, ez a definíció csak akkor volna igaz, ha nem lenne disszipáció! A hőtan foglalkozik a folyamatok irányával, az egyensúlyi állapotok kialakulásával. A hőtanban kialakított meggondolások, matematikai eljárások más tudományokban is alkalmazhatóknak bizonyultak, például gazdasági folyamatok elemzése során használtak ilyen analógiákat.

A termodinamika tehát a 19. század közepén indult fejlődésnek s ebben jelentős szerepet játszottak a kísérleti tapasztalatok is. Az elméleti vizsgálatok foglalkoznak az egymással érintkező testek hőmérsékleti egyensúlyával, az energiamegmaradás törvényével, a folyamatok irányát jellemző törvényszerűségekkel, stb. Ezekből erednek a termodinamikai rendszerek különböző állapothatározói, paraméterei közötti összefüggések. Az anyagi sajátosságok konkrét, számszerű értékére azonban nem adnak e vizsgálatok felvilágosítást, ezeket tapasztalatilag állapítjuk meg. Ugyancsak nem ad felvilágosítást a klasszikus termodinamika a változások végbemeneteléhez szükséges időről.

A termikus jelenségekkel foglalkozik a statisztikus mechanika is, amely az anyag molekuláris szerkezetéből indul ki, és a termikus energiát (a "hőanyagot") kifejezetten a részecskék rendezetlen részecskemozgás energiái összegének tekinti. A makroszkopikus anyagmennyiségek közvetlenül mérhető sajátosságait az egyes részecskék sajátságainak statisztikus átlagértékéből vezeti le (például gázok nyomása). A statisztikus mechanika sokkal jobban megközelíti a jelenségek lényegét, mint a termodinamika, és szemléletes képet ad a termikus energiával összefüggő folyamatokról, továbbá ezek időbeli lefolyására is következtet. Az anyagok tulajdonságainak konkrét, számszerű értékei tekintetében szintén támaszkodik a kísérleti eredményekre és az anyag szerkezetével kapcsolatos elméletekre.

Mind a termodinamika, mind pedig a statisztikus mechanika a termikus energiával kapcsolatban egyaránt az energia átalakulásaival és egyik anyagról a másikra történő átmenetével, a folyamatokat (pl. kémiai-, biokémiai reakciók, halmazállapot-változások, oldódások stb.) kísérő energiaváltozásokkal, a folyamatok végbemenetelének lehetőségeivel, azok irányának és egyensúlyának kérdéseivel, valamint az eközben végzett munkával foglalkozik. Ennek megfelelően a bevezetésre kerülő különböző függvények (pl. belső energia, entalpia, entrópia, szabadenergia, szabadentalpia, kémiai potenciál) az anyag belső szerkezetének a sajátosságait tükrözik a nagyszámú részecskére számított átlagban. Valamennyi termodinamikai összefüggés megkapható statisztikus fizikai meggondolásokkal is. A termikus energiával kapcsolatos jelenségek kétféle tanulmányozási módja kiegészíti egymást. Az anyagok tulajdonságainak változására, átalakulásaikra és egyensúlyaikra vonatkozó gyakorlati számításokra a

termodinamika alkalmasabb, mivel matematikai módszere egyszerűbb. A jelenségek közti összefüggések és lényegük megismerésére viszont a statisztikus fizika alkalmasabb.

11.3.2. Termodinamika a tankönyvekben

Az 1950-es és 60-as évek általános iskolai tanterveiben és azok alapján készült tankönyvekben megjelenik a hőtani jelenségek anyagszerkezeti magyarázata, de teljes polgárjogot csak az 1978-as tantervben nyert. Napjaink tankönyvei pedig már elképzelhetetlenek a hőtani jelenségek korpuszkuláris magyarázata nélkül. Sőt, valójában a részecskekép bevezetése ehhez az anyagrészhez kötődik.

Az anyag részecskékből való felépítettségének elfogadásához felhasznált tapasztalati bázis szinte egységesen a következő: víz – alkohol keveredése során bekövetkező térfogatcsökkenés, Brown-mozgás, diffúzió. Természetes módon értelmezik az egyes könyvek a részecskék különböző energiáinak összegeként a belső energiát. Magyarázzák a részecskekép segítségével a hőtágulást, a halmazállapot-változásokat. Vagyis a gyermeki elképzelésekhez közel álló folytonos anyagkép bázisáról elindulva a fent említett jelenségek elemzése segítségével építjük ki fogalmi váltások segítségével a részecske képet, melyet az előző fejezetben részleteztünk.

Napjaink tantervi elképzelései szerint fokozatosan, mintegy koncentrikusan épülnek ki a hőtani fogalmak. Az általános iskola alsó tagozatában csak megfigyelik és csoportosítják a gyerekek a különböző anyagokat halmazállapotuk szerint. A víz esetében megfigyelik a halmazállapot-változásokat is. Elemi ismereteket szereznek a hőmérséklet fogalmával kapcsolatban, kísérletileg is vizsgálják kiegyenlítődő, és nem pedig összeadódó jellegét. Kapcsolatba kerülnek az energia fogalmával az öltözködés, házépítés, a hőszigetelés példáján keresztül.

Az 5-6. osztályos természetismeret keretein belül kezdődik meg a részecskekép kialakítása, és ennek segítségével a halmazállapot-változások, a hő terjedésének és a hőtágulás kvalitatív, illetve "félkvantitatív" értelmezése. Bevezetik a termikus kölcsönhatás fogalmát, s folytatódik az energia fogalmának építése. Tananyag a munka és a hő is, tehát valójában a termodinamika első főtétele, bár ténylegesen még nem kimondva. (Halász *és mtsai*, 1993. és Csákányné – Károlyházy, 1996)

Az energia fogalmának kialakítása azonban nem csak az „Ember és természet" műveltségterületen belül jelenik meg, hanem az „Életvitel és gyakorlati ismeretek" műveltségi terület is elkezdi a kialakítását. Sajnos nem biztos, hogy e két terület azonos módon definiálja a fogalmat. Sőt, néha egy tankönyvön belül is találhatók egymásnak ellentmondó mondatok szorosan követve egymást. Egyszer, mint melegítőképességet definiálják, majd pár sorral utána közlik, hogy a megfeszített rugónak rugalmas energiája van, a mozgó testnek pedig mozgási energiája stb. Máskor kizárólagosan, mint munkavégző képesség szerepel, ahogy már korábban erről volt szó. (Halász és mtsai 1993. és Gyulainé és mtsai 1995)

A fizika órákon, a 7-8. évfolyamon kezdődik el a kvantitatív leírás. Bevezetik a fajhő, olvadáshő, forráshő, égéshő fogalmakat, melyekkel számításokat is végeznek a gyerekek. (Zátonyi 1992) A halmazállapot-változásokkal kapcsolatos jelenségek és fogalmak szerepelnek a 7. osztályos kémia tankönyvek elején is. (Z.Orbán 1996)

A felsőbb évfolyamokon tovább bővülnek az ismeretek. A részecskesokaság leírásához az ideális gázmodell megalkotása adja a kiindulási alapot. Ez mint kvantitatív modell jelenik meg, amelyhez számolásos feladatok is tartoznak szép számmal. Az első főtétel már kimondottan is megjelenik. A modell finomításához a gázok fajhőjének elemzésén keresztül vezet az út. A különböző halmazállapotú anyagi rendszerek leírása is általában a hőtani ismeretek keretében jelenik meg.

A statisztikus leírásmód és az entrópia fogalmának bevezetése csak a fizikát magasabb szinten tanulni kívánók ismeretanyagában kap helyet. (Radnóti 1983)

11.3.3. A hőtan tanítása során felmerülő kérdések

Történetileg Galilei idejében kezdett differenciálódni a hőállapot fogalma egy intenzitásjellegű hőmérséklet és egy extenzitás jellegű hőmennyiség fogalomra. A termodinamika oktatásának kezdetekor a tanár is egy hosszabb időt igénylő, a fogalmak differenciálódását eredményező folyamatot indít el. Ehhez a hő fogalmának hétköznapi jelentéseiből kell kiindulnia. A Black nevéhez kötött hőanyagelmélethez hasonló jellegű elképzelés a gyerekek gondolkodásában is fellelhető, ezért a tanárjelölteknek meg kell ismerkedniük azzal.

Egy portugál tanítási stratégia kidolgozása során a tanítást megelőző diagnosztikus felmérés kapcsán a következő jellegzetes alternatív elképzeléseket különböztették meg(Thomaz, Malaquias, Valente és Antunes 1995.):

- A hő valamiféle olyan szubsztancia, mely a testhez tartozik.
- A hőmérséklet egyfajta anyagi tulajdonság.
- A termikus egyensúly esetében is különböző a testek hőmérséklete, mely függ az anyagi minőségtől.
- Melegítés hatására minden esetben növekszik a testek hőmérséklete.

A fázisátalakulást jelző hőmérséklet egy olyan maximum, ameddig a test melegíthető. Tanítási stratégiájukban a hő és a hőmérséklet fogalom szétválasztására a következő lépéseket ajánlják:

- Egyensúlyi állapotban lévő testek hőmérsékletét mérjék meg a gyerekek. De mielőtt elkezdik a mérést, alkossanak hipotéziseket a majdan mérhető értékekre vonatkozóan, majd vessék össze azokat a tényleges tapasztalattal.
- A termikus egyensúly értelmezése.
- A hővezetés különböző módjainak ismeretében magyarázzák meg a különböző hőérzeteket.
- Vizsgálják meg a hőmérséklet alakulását egy fázisátalakulás kapcsán. A kísérlet elvégzése előtt alkossanak hipotézist a hőmérséklet változási ütemével kapcsolatban, majd vessék azt össze a tényleges tapasztalatokkal.

A tanítási kísérletben a fázisátalakulások hőmérsékleti jellemzőit, azt, hogy közben van ugyan hőfelvétel, mégsem változik a hőmérséklet, gondolják a szerzők alkalmasnak arra, hogy különbséget tegyenek a hő és a hőmérséklet fogalma között. Jelen tanítási stratégia sikerességét mutatták az összehasonlító vizsgálatok. A hagyományos (nem konstruktivista) módszerrel oktatott gyerekek esetében nemhogy nem csökkent a

félreértelmezések aránya, hanem némely esetben az még jobban megerősödött (pl. a hő, mint önálló szubsztancia).

Hasonló stratégiát ajánl *Carlton* (2000) is, aki kifejezett párhuzamot is von a tudománytörténet során létezett hőanyagelmélet és a gyermeki gondolkodás között. Az előzetes elképzelések feltérképezéséhez azt ajánlja, hogy a gyerekek csoportokat alkotva vitassák meg, hogy mit jelentenek szerintük a hő és a hőmérséklet kifejezések. A válaszok közös megbeszélésekor derült ki, hogy a gyerekek jelentős része azonosnak gondolja a két fogalom jelentését. Ezt követik a portugál példához hasonló kérdések elemzései, amelyek során világossá válik a tanulók előtt a különbség.

Lényeges elem a mindkét elképzelés szerinti tanítási stratégia esetében, hogy a gyerekek nem kezdenek el azonnal tényleges kísérleteket végezni, hanem előbb összegyűjtik az előzetes elképzeléseket, gondolatkísérleteket elemeznek.

Az energia fogalmának bevezetése sem könnyű feladat a tanár számára. A legtöbb tanterv és tankönyv azt az eljárást követi, hogy többféle energiafajtát mutat be a tanulók számára. Az angol Nuffield Alapítvány egyik tankönyve a következőket említi: kémiai energia, forgási energia, mozgási energia, mechanikai energia, fényenergia, elektromos energia, az atom energiája stb. *Mclldowie* (1995) tréfásan meg is jegyzi, hogy szerepel a reggeli energiája is, mint a kémiai energia egy fajtája. Kritizálja ellenben, hogy például az infravörös sugárzás energiája hol mint fényenergia, hol, mint sugárzási energia, hol mint az elektromágneses tér energiája, és hol mint napenergia jelenik meg.

A különböző könyvek az I. főtétel bevezetése kapcsán (melyet alsóbb osztályokban nem mondanak ki) előszeretettel használják a belső energia fogalmát. Gondot jelent azonban, hogy valójában mi is számít belsőnek. *Alonso* (1997) cikkében a belső energiát három tag összegeként írja fel, melyek a következők:

A rendszer energiája = a részecskék mozgási energiája + a részecskék kölcsönhatási energiája + a részecskék energiája.

$$E = E \text{ (mozgási)} + E \text{ (kölcsönhatási)} + E \text{ (részecske)}$$

Ez az értelmezés szerintünk problematikus. Az első taggal még nincs gond. A második, a kölcsönhatási energia azonban már nehezen, vagy egyáltalán nem értelmezhető, mint a rendszer energiájának alkotó része. Amikor a rendszer elemei között kötések alakulnak ki (pl. különálló atomok molekulákat alkotnak), akkor a rendszer energiát bocsát ki. Köcsönhatási energiának általában ezt az energiát nevezzük, amely természetesen abszolút értékben megegyezik azzal az energiával, amit be kell fektetni ha a kötést meg akarjuk szüntetni. Nem véletlen, hogy a kölcsönhatási energiát negatív előjellel látjuk el. Nem tekinthetjük a rendszer összenergiája részének. Problematikus azonban a fenti összeg harmadik tagjának értelmezése is. Mit jelent a részecske energiája? Mozgási energiáját már az első tag tartalmazza. Véleményünk szerint egy anyagi rendszer energiája teljes egészében az $E = mc^2$ Einstein féle összefüggéssel adható meg. Ebben benne van a mozgási energia is, s ha a rendszer részének tekintjük, akkor az elektromágneses mező energiája is. Ezek azonban nem merítik ki a teljes energiát, ma még nem tudjuk, milyen további összetevői vannak.

Az I. főtétel tanítása során felmerül egy meglehetősen mély értelmezést igénylő probléma. A középiskolai fizika és kémia oktatás során körülbelül azonos időben

jelentkezik, és ez a Hess-tétel. Sokan nem veszik észre, de a Hess-tétel kémia könyvekben szokásos megfogalmazása nem korrekt, s így ellentmondás jöhet létre a fizika és kémia tanulmányok között. A Hess-tételben egy precíz értelmezés esetén entalpia szerepel és nem a reakcióhők, ahogyan ez a hibás megfogalmazásokban található. A reakcióhőre a Hess-tétel nem igaz. A kémiai folyamatok során munkavégzés is lehetséges, és ezért indokolt az entalpia használata. A hő és a munka nem állapotfüggvények, a Hess-tétel gyakori megfogalmazásai szerint a hőnek állapotfüggvénynek kellene lennie, ami csak akkor lehetséges, ha nincs munkavégzés. A kémiakönyvek fogalomhasználatában egy másik probléma is felmerül: "hőenergiát" írnak gyakran, e szóhasználat problémáiról már korábban szóltunk.

Mivel valójában csak az állapotfüggvények változásait lehet számolni, az energia nulla szintjében meg kell állapodni. A kémiában úgy standardizáljuk ezeket a mennyiségeket, hogy a kémiai elemek belső energiáját, illetve entalpiáját nullának vesszük 25°C-on és 10^5 Pa nyomáson. Ebből következik, hogy a vegyületek belső energiája és entalpiája 25°C-on és 10^5 Pa nyomáson egyenlő a szabad elemekből való képződés reakcióhőjével állandó térfogaton, illetve nyomáson. A szabad elemekből való képződés során ugyanis a vegyület (mint az átalakulás terméke), és az elemek (mint kiindulási anyagok) energiájának, illetve entalpiájának különbsége szabadul fel, illetve reakcióhőként, ha nincs munkavégzés. A képződéshő tehát megadja a vegyület belső energiáját, illetve entalpiáját szabad állapotú alkotóelemeihez, mint nullaponthoz viszonyítva. Ezeket az értékeket táblázatokban közlik.

Problémát jelenthet a kémia órákon szintén előszeretettel alkalmazott energiaminimum-elve, mely a szabadentalpia minimumát jelenti valójában.

A termodinamika által talán leggyakrabban használt modellanyag az ideális gáz, amely valóban nagyon hasznos egyszerűsége miatt. Azonban vigyázni kell, nehogy a tanulókban olyan konstrukció alakuljon ki, hogy a termodinamika másról sem szól, csak az ideális gázról. Fontos, hogy világosan lássák a modell szerepét.

A legújabb felmérések azt mutatják, hogy a gyerekeknek egészen jó intuitív fogalmuk van a termodinamika második főtételéről. Az első főtétel, az energia megmaradásának tétele jelent komolyabb problémát. A gyerek a mindennapi élete során valójában olyan tapasztalatokkal találkozik, hogy az energia elfogy, hiszen fizetni kell érte. Viszont korlátlan mennyiségben áll rendelkezésre, mivel minden esetben pótoljuk. (Felmérések, beszélgetések szerint, a gyerekek úgy gondolják, hogy ha valahol kimerül egy bánya, akkor keresnek egy másikat, és így tovább.)

Sok interdiszciplináris hőtani példa van a kémián kívül is, melyekről érdemes a fizika órákon is szót ejteni, mint pl. az időjárás elemei, az éghajlat alakulásában a víz szerepe, az élő rendszerek működésének termodinamikai feltételei stb.

Feladatok

1. Vizsgáljon meg kémia, biológia és földrajz tankönyveket abból a szempontból, hogy a tanulók eredményes tanulásához milyen jellegű hőtani ismeretek tudása szükséges!
2. Vizsgáljon meg fizika tankönyveket abból a szempontból, hogy a hőtani fejezetekben milyen szakkifejezéseket alkalmaznak a szerzők! Ezek mennyiben

egyeznek meg a hőtan története során kialakult szakkifejezésekkel? Mennyiben utalnak a hőanyagelmélethez hasonlatos képzetekre?

3. Gyűjtsön össze a mindennapi élet szavaiból olyanokat, melyek melegséggel kapcsolatosak! Milyen fizikai értelemben használjuk az egyes kifejezéseket? Lehetnek többértelműek is? Honnan tudjuk, hogy mikor mit kell érteni alattuk?
4. Gyűjtsön a mindennapi élet szóhasználatából olyan kifejezéseket, melyek azt a képzetet alakíthatják ki a gyerekekben, hogy az energia nem negmaradó mennyiség, hanem keletkezik, majd eltűnik!
5. Vizsgáljon meg forgalomban lévő általános iskolai fizikatankönyveket abból a szempontból, hogy a hőtani részek feldolgozásánál mennyire használja a szerző az anyag részecskeképét!
6. Miért helytelen kifejezés a "hőenergia"? Vizsgáljon meg ismeretterjesztő könyveket, melyekben találkozik a fent említett kifejezéssel?

Felhasznált irodalom

Alonso M.(1997): On the notion of internal energy. *Physics Education* 1997/4. 256-264.p.

Boksay Zoltán – Török Ferenc – Pintér Imréné – Balázs Lórántné (1982): *Kémia. A gimnázium I. osztálya számára*. Tankönyvkiadó, Budapest.

Bonifert Domonkosné – Halász Tibor – Miskolczi Józsefné – Molnár Györgyné, Alkotó szerkesztő: Halász Tibor(1993): *Fizika tizenkét éveseknek*. MOZAIK Oktatási Stúdió, Szeged.

Boros Dezső – Fodor Erika – Sarkadi Ildikó(1985): *Fizika I. Tanári kézikönyv*. Tankönyvkiadó, Budapest.

Carlton K.(2000): Teaching about heat and temperature. *Physics Education* 2000/2. 101-105.p.

Csákány Antalné – Károlyházy Frigyes(1996): *Fizika 6.* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.

Fényes Imre (1980): *A fizika eredete. Az egzakt fogalmi gondolkodás kialakulása.* Kossuth Könyvkiadó, Budapest.

G.Gamow (1965): *A fizika története.* Gondolat Könyvkiadó Budapest.

Gyulai Lajosné – Nagy Attiláné – Urbánfy Istvánné(1995): *Technika Modellezés 10-11 éveseknek*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.

Haber-Schaim, U.(1983): *Energy a sequel to IPS.* New Jersey.

Halász Tibor – Kovács László – Miskolczi Józsefné – Szántó Lajos, Alkotó szerkesztő: Halász Tibor(1985): *Fizika 6. osztály Tanári kézikönyv*. Tankönyvkiadó, Budapest.

Kotek László(1985): A hőtani fogalmak kialakítása 6-18 éves korban. *A fizika tanítása*. XXIV. évfolyam 4-5. szám 131-135. oldal

Martinás Katalin – Ropolyi László (1988): Arisztotelészi termodinamika. *Fizikai Szemle* XXXVIII. évfolyam 11. szám 418-422. oldal

Mclldowie E.(1995): Energy transfer-where did we go wrong? *Physics Education* 1995/4. 228-230.p.

Nadrainé Horváth Katalin – Varga Imréné (1996): *Kémia I. a reál érdeklődésű tanulók számára*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.

Radnóti Katalin (Szerkesztő)(1983): Második főtétel a középiskolában. Nemzetközi cikkgyűjtemény fizikatanároknak. ATOM, Budapest.

Radnóti Katalin – Tóth Eszter(1986): *Fizika IV. Tanári kézikönyv*. Tankönyvkiadó, Budapest.

Schiller Róbert(1987): *Rendszertelen bevezetés a fizikai kémiába a hidrogén ürügyén*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.

Simonyi Károly(1986): *A fizika kultúrtörténete.* Gondolat Kiadó, Budapest.

Thomaz M.F.-Malaquias, I.M.-Valente M.C.-Antunes M.J.(1995): An attempt to overcome alternative conceptions related to heat and temperatura *Physics Education* 1995/1. 19-26.p.
Zátonyi Sándor – ifj. Zátonyi Sándor(1992): *Fizika 1 Mechanika és hőtan*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
Z. Orbán Erzsébet(1996): *Kémia I.* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.

11.4. Az elektromosságtan tanítása

RADNÓTI KATALIN ÉS WAGNER ÉVA

11.4.1. Néhány gondolat az elektromosságtan történetéből

Az elektromosság és a mágnesség jelenségét ismerték már a régi görögök is és valószínűleg az ókori világ többi népei is, azonban tanulmányozásukhoz csak az újkor hajnalán kezdtek hozzá. William Gilbert (1540-1603), aki I. Erzsébet angol királynő udvari orvosa és Galilei kortársa volt, végzett gondos kísérleteket a mágnesek kölcsönhatásával kapcsolatban. Kutatási eredményeit a "De Magnete" című könyvében tette közzé, amelyben a mágnesek összes lényeges kvalitatív tulajdonságainak leírása megtalálható. Megállapította többek közt, hogy a Föld is egy nagy mágnesnek tekinthető. Lelkes híve volt a kopernikuszi világrendszernek, és azt remélte, hogy a bolygók Nap körüli mozgását is meg lehet magyarázni a mágneses erőkkel Newton gravitációs erőtörvénye előtt fél évszázaddal. Sok fontos megfigyelést tett továbbá az elektrosztatikában is. Vizsgálta, hogy a megdörzsölt borostyánkő könnyű tárgyakat, például papírdarabokat magához ragad, majd elejti azokat. Két könnyű test viszont, amelyeket megdörzsölt borostyánkőhöz érint, mindig taszítja egymást. Legjelentősebb megállapítása talán az erőhatás jellegére vonatkozik, miszerint a mágnesnek forgató hatása van, míg az elektromos hatás vonzásban nyilvánul meg.

Az elektromos és mágneses jelenségek tanulmányozása ezután egy időre abbamaradt, ugyanis a kor tudósai Newton mechanikájának matematikai továbbfejlesztésével voltak elfoglalva. Az elektromos jelenségeket később a 18. század elején Charles Dufay (1698-1739) tanulmányozta ismét és megállapította, hogy kétféle elektromosság van. Az egyik borostyánkő, pecsétviasz, kemény gumi és más gyantaszerű anyagok dörzsölése útján keletkezik, a másik pedig üvegszerű anyagok dörzsölése útján. E kétféle elektromos folyadékot "gyanta-elektromosságnak" és "üveg-elektromosságnak" nevezte el. Megállapította, hogy az azonos elektromos töltések taszítják, a különbözők pedig vonzzák egymást. Az elektromosan semleges testekről feltételezte, hogy mindkét elektromos fluidumot egyenlő mennyiségben tartalmazzák, míg az elektromosan töltött testekben az egyik elektromosság túlsúlyban van. Azt találta továbbá, hogy az elektromos töltést át lehet vinni az egyik testről a másikra az azokat összekötő fémdróttal vagy nedves kötélen is. Megállapította, hogy a semleges testeket a töltött testek mindig vonzzák, ami mai szóhasználatunkkal az elektromos megosztás jelenségén alapul.

Az elektromos jelenségekkel folytatott első kísérletek idején két igen fontos, továbbfejlesztett formájukban napjainkban is használatos elektromos műszert szerkesztettek, a lemezes elektroszkópot és a leydeni palackot.

Az elektroszkóp az elektromos töltés jelenlétét kimutató műszer, 1705-ben szerkesztették meg. Ez egyszerű formájában két szalmaszálból áll, amelyek egy fémrúd alsó végén egymás mellett vannak felfüggesztve. Ha a rudat feltöltik, akkor a szalmaszálak azonos elektromossággal töltődnek fel, és így szétágaznak, hiszen taszítják egymást. Napjaink igen érzékeny elektroszkópjában a szalmaszálak helyett sokkal könnyebb lemez, pl. aranylemez van.

A leideni palackot 1745-ben alkotta meg a leideni (Hollandia) egyetemen Pieter Musschenbroek (1692-1761) abból a célból, hogy nagy mennyiségű elektromosságot gyűjtsön egybe. Ez egy közönséges hengeres alakú üvegpalack, amelynek külső és belső oldalát ezüstfólia borítja. Ha a külső fólia földelve van, a belsőhöz pedig elektromosan töltött testet érintünk, vagy fordítva, akkor az elektromosság igyekszik a földbe kerülni, de az üvegréteg megakadályozza az áramlást. Ily módon nagy mennyiségű elektromosság gyűlik össze a palackban, és hatásos szikrákat lehet létrehozni úgy, hogy a belső és a külső fóliát dróttal kötik össze. Ebből fejlődtek ki a mai kondenzátorok, amelyek nagy mennyiségű elektromos töltést képesek tárolni és amelyeket az elektrotechnika minden területén alkalmaznak. Érdekességként említjük meg, hogy elektromos kísérleteket végezni éppoly divatos lett a főúri szalonokban, mint az Enciklopédiát olvasni. Ez különösen igaz volt a leydeni palack feltalálása után.

Ugyancsak a 18. században folytatta kísérleteit Benjamin Franklin (1706-1790), a nagy amerikai államférfi és író, aki 40 éves korában kezdett el érdeklődni a fizika iránt. Az ő nevéhez fűződik a villámhárító megalkotása. Kísérletei során sárkányokat küldött fel a viharfelhőkbe, hogy azokból nyerjen elektromosságot. A sárkányt tartó nedves kötél tökéletes elektromos vezető volt, ennek segítségével töltötte fel leydeni palackját, amelyből aztán szikrákat állított elő. Tanulmányait 1753-ban tette közzé, aminek alapján több tudományos testületbe is beválasztották. Az elektromos jelenségek magyarázatában azonban nem volt nagyon eredményes, amikor bevezette az elektromos egy-fluidum hipotézisét. Az üveg-elektromosságot tekintette az egyetlen elektromos fluidumnak, és az elektromos állapot két különböző fajtáját e súlytalan fluidum fölös mennyiségének vagy hiányának tulajdonította. A fölös mennyiségű üveg-elektromosságot tartalmazó testet, például a megdörzsölt üvegbotot pozitív töltésűnek nevezte el, amelyikből hiányzott, például a megdörzsölt gumirudat, pedig negatív töltésűnek. Ha két olyan test kerül össze, melyek egyike fölös, másika pedig hiányos mennyiségű elektromos fluidumot (üveg-elektromosságot) tartalmaz, akkor az elektromos áram az első testből, ahol fölös mennyiségben van, átáramlik a másikba, ahol hiányzik. Az ő elképzeléséből alakult ki mai terminológiánk, miszerint az elektromos áram a pozitív elektródról áramlik a negatív elektród felé. Ez éppen fordítottja a tényleges elektronáramlásnak, de tradicionális okokból mégis ezt használjuk napjainkban is.

A tizennyolcadik század mások felében egy francia fizikus Auguste de Coulomb (1736-1806) is megszerkesztett egy úgynevezett "torziós mérleget" az igen kicsi erők mérésére, amely hasonló volt Henry Cavendish (1731-1810) készülékéhez. A készülék fő része egy hosszú, vékony szálra felfüggesztett rúd, melynek két végén két egyenlően nehéz gömb van. Ha nem hat erő a gömbre, akkor a rúd beáll valamilyen egyensúlyi

helyzetbe. Ha az egyik gömbön töltés van, és annak közelébe egy másik töltött gömböt helyezünk, akkor az elmozgatható gömbre ható erő a rudat a felfüggesztési pont körül elforgatja. Az elfordulási szög arányos az erővel.

Coulomb a mozgó és a mozdulatlan gömböket különbözőképp feltöltve, és a köztük lévő távolságot változtatva, felfedezte a róla elnevezett törvényt. Eszerint, az elektromos vonzó, illetve taszító erő egyenesen arányos a két töltés nagyságának a szorzatával, és fordítottan arányos a köztük lévő távolság négyzetével. A törvény hasonló a gravitációs kölcsönhatás esetében megismerthez, azzal a különbséggel, hogy míg a gravitáció jelenlegi tudásunk szerint csak vonzó lehet, addig a kétféle elektromos töltés következtében ez vonzó és taszító is lehet.

Coulomb ugyanezt a torziós mérleget használta a mágnesek kölcsönhatásának vizsgálatára. Egy mágnest függesztett fel a szálra, a műszert körülvevő üvegedény tetején keresztül pedig egy másik mágnest dugott be függőlegesen. Kimutatta, hogy ugyanaz a törvény érvényes a mágneses kölcsönhatásra is.

Luigi Galvani (1737-1798) olasz fiziológus a békacombok izomösszehúzódását tanulmányozta. A fáma szerint egyszer észrevette, hogy erkélye vasrácsán a rézhorgon lógó levágott békaláb úgy rángatózott mint az élőé, amikor hozzáért a vasrácshoz. Barátja, Alessandro Volta (1745-1827) hamarosan bebizonyította, hogy a békaláb összehúzódását okozó elektromos áram azonos azzal a jelenséggel, amelyet mindig megfigyelhetünk, ha kétféle fémből összeforrasztott drót végét vizes sóoldatba mártjuk. 1800-ban megszerkesztette a napjainkban is "Volta-oszlop"-nak nevezett eszközt, amely nagyszámú, váltakozóan egymásra következő réz- és vas- vagy cinkkorongból áll, köztük sóoldatba mártott szövetrétegekkel, ami egy a középiskolai kémiából ismert galvánelem. A Volta-oszlop a napjainkban használt elemeknek a prototípusa.

Az elektromos és mágneses jelenségek első kutatói érezték, hogy kapcsolat van a két jelenségcsoport között. A kapcsolat felfedezése Hans Christian Oersted (1777-1851) dán fizikus érdeme. Miután hallott Volta munkájáról, szerkesztett egy Volta-oszlopot, amelynek két pólusát összekötötte platinadróttal, és egy mágnestűt helyezett el annak közelében. A tű, amely eredetileg észak-déli irányban állt, elfordult, és a drótra merőlegesen állt meg. Ezután 180°-kal elfordította a Volta-oszlopot, hogy a drótban az ellenkező irányban mozogjon az áram. A mágnestű ekkor szintén elfordult 180°-kal. Világossá vált így, hogy a mágnes és a mozgó elektromosság közt valóban van kölcsönhatás.

Oersted felfedezésének ismeretében André Marie Ampere (1775-1836) francia fizikus néhány hét múlva kimutatta, hogy nemcsak az elektromos áram hat a mágnestűre, hanem két elektromos áram is hat egymásra. Ha két párhuzamos drótban ugyanabban az irányban folyik az áram, akkor a két drót vonzza egymást, ha pedig a két áram iránya ellenkező, akkor taszítják egymást. Kimutatta továbbá, hogy ha egy rézdrót tekercsen, amely függőleges tengelye körül foroghat, áram folyik át, akkor az mindig észak-déli irányba áll be, ugyanúgy, mint az iránytű. Ezt ma magnetométernek nevezzük. Azt is kimutatta, hogy két ilyen tekercs ugyanolyan módon hat egymásra, mint két rúd alakú mágnes. Ezek a kísérleti tapasztalatok vezették őt ahhoz az elképzeléshez, hogy a természetes mágnességet a mágneses testekben folyó elektromos áram okozza. Úgy gondolta, hogy a mágneses anyag minden részecskéjében köráram folyik, amely kicsiny elektromágnest alkot. Amennyiben az anyag nincs mágnesezve, akkor az egyes atomi

elektromágnesek rendszertelenül helyezkednek el, így eredőjük zérus. Mágnesezett testekben viszont a kicsiny mágnesek ugyanabba az irányba állnak be, legalábbis részben. Ez a kép napjainkban is elfogadható magyarázat.

Ugyanebben az időszakban George Simon Ohm (1787-1854) német fizikus Kölnben azt tanulmányozta, hogy milyen összefüggés lehet az elektromos áram, az áramot szállító drót anyaga, valamint az áramot mozgásban tartó elektromos feszültség között. Ő vezette be az elektromos ellenállás fogalmát is.

Michael Faraday (1791-1867) volt az, aki az elektromos és mágneses jelenségekre vonatkozó klasszikus kutatásokat betetőzte. Az elektomágneses jelenségek kísérleti vizsgálatában betöltött szerepe Galilei szerepéhez hasonlítható.

Az elektrolízisként ismert jelenség első leírása, annak mennyiségi törvényszerűségei, továbbá az indukciós jelenségek Faraday nevéhez fűződnek.

Faraday kísérletei, felfedezései mellett elméleti meggondolásai is jelentős hatást gyakoroltak az elektromosságtan fejlődésére. Mivel igen kevéssé volt iskolázott, így matematikából igen gyér volt a tudása, ezért nem tudta elgondolásait matematikai formába önteni. Azonban többen állítják, hogy a helyzet az, hogy a fizikai jelenségek elméleti képének megalkotásakor a felsőbb matematika ismerete gyakran szükségtelen, sőt néha még káros is. A kutató könnyen eltéved a bonyolult képletek sűrűjében, és amint a közmondás is tartja, nem látja a fától az erdőt. Faraday előtt, mint azt a mechanikus világkép összegzésénél már kifejtettük, a különböző erőkről azt képzelték, hogy azok a testeket elválasztó üres téren át hatnak. Faraday egyszerű gondolkodásmódja számára azonban ennek a "távolbahatásnak" nem volt semmi értelme. Ha azt látta, hogy egy teher egyik helyről a másikra mozdul, akkor ott látni akarta a kötelet is, amely azt húzza, vagy a botot, amely taszítja. Az elektromos töltések és a mágnesek közt ható erőket szemléletesen úgy látta maga előtt, a teret úgy képzelte el, hogy azt valami kitölti. A Naplójába rajzolt ábrák, amelyek egy pozitív és egy negatív töltést, két pozitív töltést, vagy áramvezetőt ábrázoltak, teljes mértékben hasonlóak azokhoz az ábrákhoz, amelyeket különböző fizika tankönyvekben lehet látni. Ő rajzolt először erővonalakat.

Faraday ezen elképzelései bizonyos tekintetben naivak voltak, és nagyrészt kvalitatívak, mégis új korszakot nyitottak a fizika történetében. A testek között nagy távolságra ható misztikus erők helyébe a testek között és körül a térben folytonosan eloszlott "valami" lépett, és ennek a valaminek minden pontban meghatározott értéket lehet tulajdonítani. Ezzel bevezette a fizikába az elektromos, mágneses és a gravitációs kölcsönhatásra egyaránt alkalmazható mező, vagy erőtér fogalmát. Az üres tér által elválasztott anyagi testek közötti erőt úgy lehet felfogni, mint a testeket körülvevő mezők közti közelhatások eredményét. Faraday elképzeléseinek matematikai megfogalmazását az elektromágneses mezőkre vonatkozóan James Clerk Maxwell (1831-1878) adta meg. Maxwell a következőt írta Faraday-ről, akit csodált:

> Faraday lelki szemeivel az egész teret átívelő erővonalakat látott ott, ahol a matematikusok távolba ható erőközpontokat láttak; Faraday közeget látott ott, ahol ők semmi mást, mint távolságot láttak; Faraday a jelenségek lényegét a közegben végbement tényleges hatásokban kereste, míg amazok megelégedtek azzal, hogy megtalálták azt valamilyen távolbaható erőben.

11.4.2. Elektromosságtan a könyvekben

Az általános iskolai tankönyvek esetében gyakorlatilag mindegyikben előbb kerül feldolgozásra az áramerősség fogalma és ezt követi a feszültség fogalmának kialakítása (Csákányné – Károlyházy – Sebestyén 1994. Halász 1993. és Zátonyi – Ifj Zátonyi 1994). Az e korosztályok számára készült példatárak (Bonifert – Miskolczi – Molnár 1992) feladatai is ezt a szemléletet tükrözik. Sőt, némelyik könyvszerző úgy gondolja, hogy az elektromos áramkör fogalma is már teljesen ismert a gyerekek számára (Zátonyi 1994), így annak kialakításával nem is kell foglalkozni.

A középiskolai tankönyvek feldolgozási módszere e tekintetben teljesen korrektnek mondható (Holics 1983.és Szijártó 1985). Először kialakítják a potenciál, majd a feszültség fogalmát, és csak ezután következik az áramerősség.

11.4.3. Az elektromosság tanításának kezdeti lépései

Ahhoz, hogy röviden bemutassuk, milyen tényezők határozzák meg, illetve befolyásolják a tanítási terv készítését, most tekintsük át azt, hogyan lehet az elektromosság témakörét az eddig elmondottak alapján megtervezni és tanítani. Az összegzés során többször is hivatkozni fogunk könyvünk korábbi fejezeteire, különösen a gyermektudományokkal, a tanítási módszerekkel, és a tervezéssel kapcsolatos részekre.

A helyzet elemzése

Az elektromosság tanítása előtt, csakúgy, mint bármely más téma tanításának megkezdése előtt a következőket kell elemezni:

- félreértelmezéseket, amelyekre számítani lehet;
- a várhatóan felmerülő szakmai kérdéseket, illetve az ezekkel kapcsolatosan tanítható modelleket;
- eddigi tanítási tapasztalatokat,
- az adott tanulóközösséggel kapcsolatban rendelkezésre álló információkat.

Egy téma megtervezésével és az előkészítéssel kapcsolatban részletesen „A fizikatanítás tervezése” című fejezetben foglalkoztunk. Nézzük most konkrétan, hogy mely problémákkal kell számolnunk az elektromosság témakörének bevezetése során. A témához kapcsolódó gyermektudományi elképzelésekről részletesebben az ezzel foglalkozó fejezetben olvashatunk.

Az elmúlt időszak tantervei az elektromossággal való ismerkedést 13- 14 éves korra tervezik. Jó ha nem tévesztjük szem elől azt, hogy ebben az életkorban a diákok többségének konkrét, mindennapi tapasztalatai vannak az elektromos energia használatával kapcsolatosan, kezelnek, sőt többen szerelnek is elektromos eszközöket, számítógépet használnak, TV-t néznek, és még hosszan sorolhatnánk azokat a szituációkat, amelyekben diákjaink az elektromossággal találkoznak. Az eszközök működése, az elektromossággal kapcsolatos filmek alapján jóval a szervezett fizikatanítás megkezdése előtt elméletrendszert alakítanak ki az elektromos jelenségek magyarázatával kapcsolatosan, s ez az elméletrendszer megfelelő módon segíti őket a

környezetükben nem kis számban előforduló elektromos jelenségek értelmezésében. Az, hogy milyen is ez az elméletrendszer, izgalmas kérdés. A gyermektudomány elemeit kutató vizsgálatok alapján állíthatjuk, hogy számos, alkotójában már kialakult, a tudományostól lényegesen eltérő képet birtokolnak tanítványaink. A helyzetet nehezíti az, hogy a fizikatanítás szempontjából rendkívül szerencsétlen módon a hétköznapi szóhasználatban két alapvető elektromos mennyiséget jelölő kifejezés a „feszültség" és az „áram" egymás szinonimájaként szerepel, csakúgy, mint a fizikatanulás során szintén sok gondot jelentő „tömeg" és „súly" kifejezések. Ez természetesen lényegesen megnehezíti az alapkérdések tisztázását.

11.4.4. A téma tanulásához szükséges ismeretek, az előzetes tudás

Tekintsük át röviden a megértéshez szükséges előzményeket, s vegyük számba, milyen nehézségek merülnek fel a téma bevezetésének szakaszában.

Mint már említettük, az elektromosság témakörével a legtöbb diák tanulmányai során két alkalommal is találkozik. Az általános iskola és a középiskola is tárgyalja a téma legfontosabb fejezeteit, és természetesen máshová helyezik a tárgyalás súlypontját. Az általános iskolás korosztály számára forgalomba kerülő fizika tankönyvek zöme az áramerősség fogalmának tárgyalásával kezdi az elektromosság témakört, amelyet a részecske modell alapján értelmeznek. A középiskolás tankönyvek többsége már bevezeti az elektromos potenciált és a feszültség fogalom tárgyalásával indít. Ekkorra már rögzült a feszültség és áramerősség fogalmak helytelen értelmezése, a két fogalom a legtöbb diáknál azonossá vált, s a rosszul rögzített tudás elemeit nagyon nehéz másokra cserélni.

A tanítás, a tiszta, pontos fogalom-alakítás szempontjából tehát nagyon fontosak a kezdeti lépések. Nézzük most a fizikatanítás e részletét. A 13-14 éves diákok az *anyag részecskékből való felépítettségének elméletével még éppen hogy csak megismerkedtek*, de már azt is megköveteljük tőlük, hogy ezeket a részecskéket összetevőkre bontsák. Ráadásul úgy kell elképzelniük az atomot, és az atomokból felépülő anyagot, hogy a kémiai kötésekről tanultak még nem szilárdultak meg, kémiaórákon is rengeteg problémát okoznak, nemhogy arra számíthatnánk, hogy az ott megtanult ismereteket eredményesen alkalmazhatják más tantárgy tanulása során. Nem is beszélve arról, hogy az elektromos áram részecskemodelljének értelmezéséhez mindjárt a fémes kötés tulajdonságai szükségesek, amely az e korosztály számára készült kémia könyvekben többnyire nem kerül tárgyalásra. Gondoljuk csak meg, milyen nehézséget jelenthet például egy folytonos anyag elképzelést birtokoló diák számára elfogadni azt, hogy a fémekben szabadon elmozduló elektronok vannak. Ha el is fogadja ezt az állítást, a megértés még messze van, hiszen miért is maradnak egymás közelében az egyforma töltéssel rendelkező részecskék, vagy miért nem tapadnak a negatív töltésű elektronok a pozitív részecskékhez, mi készteti mozgásra az elektronokat? Számtalan kérdést fogalmazhatnak meg a diákok, amelyekre természetesen van megfelelő tudományos magyarázat, de az ezek megértéséhez szükséges ismereteik még igencsak gyenge lábakon állnak. Örülnünk kell azonban annak, ha az előbbiekhez hasonló kérdések

megfogalmazódnak bennük, hiszen az annak bizonyítéka, hogy a megismerteket igyekszenek megérteni, megindult bennük egy nehéz, és hosszú konstrukciós folyamat.

A téma tanulása során nehézséget jelenthet az energia-fogalom értelmezése. *A gyerekeknek van energia-fogalmuk, amely azonban nem felel meg a tudományos elképzeléseknek*. Gyakori például, hogy az elektromos energiát a konnektorhoz rendelik, vagy ahhoz az eszközhöz, amelyet éppen működtet. Az energiáról az iskolában is tanultak korábban, vizsgáltak, elemeztek energiaváltozásokat, és az elektromosság témakörben nem tudják eldönteni, hogy mihez is rendeljék az energiát. Az elektromos mező fogalmát éppen csak bevezettük, és a gyerekek fejében keveredik a mágneses és a gravitációs mező fogalmával. Persze megtehetnénk azt is, hogy nem beszélünk mezőkről az iskolában, de ez a megoldás is számtalan problémát vet fel. Mihez rendeljük a munkavégző képességet ebben az esetben? A gyerekek akkor is hallanak a mezőkről, terekről, ha az iskolában nem beszélünk róluk. Esetleg néhány áltudományos elképzelés, magyarázat tetszetős elemeit is megismerve mindenképpen megkonstruálnak valamilyen elméletet a mezőkkel kapcsolatban, legfeljebb nincsen lehetőségük elképzeléseiket szakemberrel, a fizikatanárral megvitatni.

Nem kevés probléma adódik az anyagszemlélet területén. Hogyan alakul a dörzselektromos kísérletek során a testek tömege? Megmérhető-e, van-e változás? Az *anyagmegmaradás elve nem magától értetődő dolog*. Sok diák gondolkodhat úgy, hogy amikor egy test elveszíti a töltését, akkor valami (az elektron) megsemmisül, vagy éppen dörzsöléskor keletkezik. Egy ilyen elképzelés az elektromosság témakörében szinte napvilágra sem kerül, s mire szembesülünk vele, az anyag-fogalom alakulása már nem a kívánatos irányban halad.

Az elektromosságtan témakörében is számtalan probléma nehezítheti a téma tanulását még a kezdetek előtt. Ezek részletes bemutatása a gyermektudományokkal foglalkozó fejezetben összegyűjtve található. Most csak kiemeljük a két legnehezebbnek tűnő problémát *az áramerősség és a feszültéség fogalmának felépítését*, illetve elkülönítését a gyermeki elméletekben, valamint *a zárt áramkör fogalom kialakítását*. Természetesen e rövid áttekintés során nem térünk ki az összes elképzelhető nehézségre, pusztán azokat említettük meg röviden, amelyek feltehetően minden osztályban jelentősen befolyásolják a gyermeki gondolkodást.

11.4.5. Hogyan építsük föl az elektromosság témakört?

Fontos, hogy *a gyerekek világához kötődjön a kiindulás (kontextus elv)*. Olyan eszközöket, jelenségeket gyűjtsünk össze, elemezzünk, amelyeknél valamilyen elektromos eszközt úgy működtetünk, hogy nem kell a „kezünkkel hozzáérni”. A gyerekek gyakran használnak távirányítókat, hiszen a különböző elektromos eszközök ki- és bekapcsolása gyakran így történik. Szervezzünk beszélgetést, amelyben elmondhatják azzal kapcsolatos elképzeléseiket, hogy hogyan magyarázzák a vizsgált jelenségeket, hogyan értelmezik az eszközök működését. Próbáljuk meg elérni, hogy *a gyerekek megfogalmazzák belső képeiket*. Ez a tevékenység az elektromosság témaköréhez kapcsolódó diagnosztikus vizsgálódásaink részét képezi.

Ha a fent említett tevékenységen túljutottunk, ki kell jelölnünk a tananyagban a *prioritásokat***.** A tanítási/megértési folyamatban elsődlegesnek a mezőt, a mező

munkavégző-képességét, és az ezt jellemző feszültség fogalmat választottuk. Az elektromos áram fogalmát a feszültség fogalom kialakítása után vezetjük be. Figyelembe vesszük azt, hogy a *gyerekek anyagszerkezet-képe* lényegében egy "primtív" részecske kép, amelyben a részeknek nincsen szerkezetük. Ez *nem elegendő az elektromos tulajdonság anyagszerkezeti értelmezéséhez*, ezért a részeket további alkotókra, az elemi részekre kell bontani, (proton, neutron, elektron) ezen részecskék elektromos töltésének megadásával kell a semleges részecske képét újabb tartalommal megtölteni, a korábbi részecske-modellt bővíteni. Az elektromos töltés, és az elektron töltése közötti kapcsolatot is tisztázni kell.

A következőkben bemutatjuk a témakör egy lehetséges vázlatos felépítését, amely az elektromos alapfogalmak tanításának kezdeti szakaszát öleli fel.

Az elektromos mező munkavégző-képessége, az elektromos feszültség

1. *Megfelelően választott kísérlet elemzésével a munkavégző képesség értelmezése*. (Két fémlemezke közé lógatott fémharang mozgásállapotának változása töltött műanyagrúd hatására.) A jelenség értelmezése, és a további ismeretek megértésének céljából szükséges a fémek szerkezetének ismerete, hogy a „szabad” elektronok létét értelmezni lehessen. Ez kell egyrészt a megosztás jelenségének megértéséhez, másrészt később az elektromos áram modelljének megértéséhez, tehát bármilyen bonyolult is, nem kerülhető el.
2. A sok új ismerettel való első találkozás után az előbbi kísérlet elemzése különböző szervezésben, *magyarázat megfogalmazása*, megvitatása.
3. *A rendelkezésre álló időkeret 2/3 - 3/4 része után diagnosztikus céllal témazáró* íratása, amelyet nem osztályozunk le, de mindenki megkapja kijavítva. A próba-témazáró feladatai között elemi tények, információk, a tanult mennyiségek jelei, illetve mértékegységek mellet, szerepel egy, a megértés lényegét firtató feladat is. (A feladatban a korábban említett kísérleti eszköz rajza szerepelt, de nem volt a képen a lemezek közé belógó fémharang. Az egyik lemezhez feltöltött műanyagrúd ér, a másik lemez pedig le van földelve. A lemezeken nagybetűkkel pontokat jelölünk meg (egy pont a "földön", három a vele összekötött, eredetileg töltetlen lemezen, három pedig a feltöltött lemezen helyezkedett el.) A gyerekeknek meg kell adniuk azokat a pontpárokat, amelyek között nincs, és azokat, amelyek között van az elektromos mezőnek munkavégző-képessége.)
4. A válaszok elemzése utáni újabb, rövid gyakorlás, majd a témazáró következik.

Az elektromos áram, áramkörök, Ohm törvénye

Az elektromos áramkör fogalmával kapcsolatos előzetes elképzelések vizsgálata tesztfeladattal, és beszélgetéssel: mit jelentenek a gyerekek számára az „áram”, „áramlás” szavak. A beszélgetés során ügyelni kell arra, hogy a diákok válaszait ne minősítsük, hiszen most az a cél, hogy megismerjük gondolataikat, illetve, hogy ők, maguk számára megfogalmazzák belső képeiket. Ilyen beszélgetések szervezése éppen ezért mindig nagy körültekintést igényel, nehogy a diákok bezáródjanak.

1. *Az eddig elvégzett kísérletekben annak elemzése, hogy adódott-e valamikor olyan helyzet, amikor az elektronoknak az addig rendezetlen mozgása rendezetté vált?* Az ilyen esetek összegyűjtése csoportmunka keretében, és annak eldöntése, hogy mi okozta az elektronok mozgásának rendeződését. A csoportszerveződés elvét a tanár az osztály ismeretében dönti el, eredményes lehet a szimpátia-csoport.
2. *Az "áram" anyagszerkezeti értelmezése.* A definíció összeállítása közös megbeszéléssel. Az áramerősség értelmezése, a definíció elemzése.
3. *A zárt áramkör fogalmának kialakítása elektromos fekete-doboz használatával.* A gyerekek csoportokban dolgozva egy telep, vezetékek és izzó segítségével térképezik fel egy doboz belsejében haladó vezetékeket. A doboz tetején fém érintkezők láthatók, amelyek közül néhányat belül dróttal összekötöttünk. A vizsgálathoz részletes útmutatást nem szükséges adni. A csoportok szimpátia alapon szerveződhetnek.
4. *Fogyasztó az áramkörben.* Az ellenállás, Ohm-törvénye. A fogalmak és a törvény megismerése frontális szervezésben, tanári előadás módszerével.
5. *Problémák, kérdések elemzése az eddig tanultakkal kapcsolatban.* (Mi kell ahhoz, hogy az áram folyamatosan fennmaradjon? Mi a jelentősége annak, hogy egy áramkörben áram folyik? Kell-e a zárt áramkör ahhoz, hogy az elektromos mező munkát végezzen a környezetében?) A feladatokat csoportok számára állítjuk össze, amelyeket célszerű a hasonló érdeklődésű gyerekekből megszervezni. Feltételezhetően lesz egy, vagy több olyan csoport, amelynek tagjai technikai érdeklődésűek, ezek számára egyszerű elektromos eszközök működésével, összeállításával kapcsolatos feladatokat válasszunk. Az elméletibb érdeklődésű diákok csoportja számára több számítási példát, méréseket illetve ezek értékelését tervezzük. A történeti vonatkozások iránt érdeklődő diákok számára összeállított feladatok között szerepeljenek érdekességek, jelenség-értelmezések az elektromossággal kapcsolatos kutatások hőskorából.
6. *Fogyasztók kapcsolása, feszültség és áramerősség.* Csoportmunkában példák gyűjtése, hol használnak a gyakorlatban soros, és hol alkalmaznak párhuzamos kapcsolást. Az egyes alkalmazások elemzése a tanultak szempontjából. Kapcsolások összeállítása és mérések elvégzése csoportmunkában. A csoportok szervezésének elvét a tanár dönti el, a szimpátia-csoport eredményes lehet.
7. *A témaszakaszra szánt órák 2/3- a után megértést vizsgáló feladatok:* melyik áramkörben világít az izzó, mekkora a feszültség egy egyszerű áramkörben a kapcsoló két vége között, ha a kapcsoló nyitva, illetve zárva van, tervezzünk elektromos kapcsolást egyszerű feladat (pl. túlmelegedés elleni védelem) megoldására. A munka tetszőleges szerveződésű csoportban indulhat, mert a gyakorlás során a tanár a felmerülő problémák alapján a csoportokat kisebb részekre bontja, olyan feladatokat választ a diákok számára, amelyek megítélése szerint a leginkább segíti az egyre kisebbedő létszámú csoportok működését. A gyakorló szakasz vége felé a gyerekek többsége már egyénileg dolgozik a számára kiadott feladatokon. A tevékenység tervezéséhez használhatjuk a gyermektudománnyal foglalkozó fejezetben megadott feladatokat, ezeknek elkészíthetjük egyszerűbb-bonyolultabb változatait, de a tankönyv és a különböző feladatgyűjtemények is hasznos segítői ennek a szakasznak. A feladatokat célszerű kis kártyákra

elkészíteni, így olyan feladatbank jöhet létre, amely minden évben bővülve jól használható. Mivel ebben a szakaszban egyéni tanulásról van szó, bátran adjuk meg a feladatok megoldását, hiszen a diákok az ellenőrzés során sokat tanulhatnak.

8. *Témazáró* megírása.

Feladatok

1. Készítse el „Az elektromos mező munkavégző-képessége és a feszültség” című tanítási egység témazáróját.
2. Tervezze meg „Az elektromos áram, áramkörök, Ohm törvénye” című tanítási egység érdeklődés szerinti csoportjai közül az egyik csoport számára szánt feladatokat.
3. Állítsa össze „Az elektromos áram, áramkörök, Ohm törvénye” című tanítási egység 2/3 része után tervezett csoportmunkából induló, egyéni differenciálás felé haladó tevékenység kezdetének csoportfeladatait. A feladatok kiválasztásánál törekedjen arra, hogy azok megoldása során ki lehessen szűrni a félreértelmezéseket.

Felhasznált irodalom

Bonifert Domonkosné – Miskolczi Józsefné – Molnár Györgyné (1992): *Fizikai feladatok gyűjteménye 12-16 éveseknek*. Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged.

Csákány Antalné – Károlyházy Frigyes – Sebestyén Zoltán (1994): *Fizika 7.* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.

G.Gamow(1965): *A fizika története.* Gondolat Könyvkiadó Budapest

Halász Tibor (alkotó szerkesztő) (1993): *Fizika tizenhárom éveseknek*. MOZAIK Oktatási Stúdió, Szeged.

Holics László (1983): *Fizika, gimnázium III.osztály*. Tankönyvkiadó, Budapest.

Simonyi Károly (1986): *A fizika kultúrtörténete.* Gondolat Kiadó, Budapest.

Szijártó József (1985): *Fizika IV.gimnázium, Dolgozók középiskolája.* Tankönyvkiadó, Budapest.

Zátonyi Sándor – ifj. Zátonyi Sándor (1994): *Fizika 2 Elektromosságtan és fénytan*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.

Zátonyi Sándor – ifj. Zátonyi Sándor (1994): Fizika Tanácsok a Fizika6/1.és Fizika 6/2.tankönyvek és témazáró feladatlapok használatához. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.

11.5. A modern fizika alapjai

RADNÓTI KATALIN

A *modern fizika* ma már úgy vesz körül benünket, hogy arról tudomást nem venni lehetetlen dolog. A modern fizika jelentősen alakította az emberiség történelmét. Az új tudományos eredmények elképesztő gyorsasággal kerültek alkalmazásra. Az új témák nagyon hamar megjelentek a tankönyvekben is. Napjaink egyik legfontosabb eszköze, a számítógép is a modern fizikai ismeretek technikai alkalmazásának egyik terméke. Széles körű igénnyé vált tehát, hogy a felnövekvő generáció ne álljon idegenként a témával szemben. *Nahalka István* (1998.207.o.) az oktatás tartalmi kérdéseit taglaló

írásában kiemeli, hogy a huszadik század végén nem lehet olyan tantárgyat alkotni, „amely nem vagy alig tartalmaz huszadik századi tudományos eredményeket". *Art Hobson*(1999) szerint például *a mindenki számára releváns fizikába 50%-ban modern fizikai témáknak kell tartozni*, mint a relativitáselmélet, a kvantummechanika, a magfizika, a nagyenergiájú fizika, az Univerzummal kapcsolatos kérdések, akár egyes klasszikus fejezetek rovására is.

A modern fizika új világképet formált, jelentősége a newtoni világkép kialakulásának jelentőségéhez mérhető. A közel száz éve szétvált természettudományok ismét egységben jelennek meg. Számos megoldatlan problémáján keresztül bemutatható az is, hogy a tudomány nem lezárt ismeretek tárháza, hanem a tudományos közösség aktív tevékenysége.

A különböző médiumok előszeretettel kínálnak modern fizikai témákat, sokszor mint érdekességet, sokszor mint szenzációt. A csillagászati jellegű ismeretterjesztő könyvek, filmek és multimédiás feldolgozások sokasága biztos sikerre számíthat a forgalmazók körében. Ezekben nem egyszer a legmodernebb megközelítések is helyet kapnak. A nukleáris energia felhasználási lehetőségeiről, e felhasználás során bekövetkező eseményekről is előszeretettel szólnak a különböző híradások. A fantasztikus filmekben is helyet kapnak a modern fizika bizonyos jelenségeihez köthető filmbeli elemek, például lézerkard. Az iskola tehát nem teheti meg, hogy ezek tudományos igényű fogadására nem készíti fel a leendő állampolgárokat. Ilyen témák feldolgozása egyben motivációt is jelent a gyerekek számára. Nem egy esetben előfordul, hogy a klasszikus fizika tanulásában nem éppen kiváló gyerekek szinte szárnyakat kapnak a modern fizikai témák tárgyalása során éppen annak érdekessége, különlegessége, komoly társadalmi szerepe miatt.

Mely fizikai témák tartoznak ide?

Nem könnyű megvonni a határvonalat a klasszikus és a modern fizika között. Többféle megközelítés lehetséges. Mondhatjuk egyszerűen azt is, hogy a newtoni fizikát követő témák már a modern fizika körébe tartoznak. Ez a kutatási program, hogy *Lakatos Imre* kifejezésével éljünk, a távolbaható erők megtalálásában és a mozgásegyenlet megoldásában látta a fizikai kutatások szerepét. Ez a módszer sok jelentős eredményre vezetett, gondoljunk csak a Neptunusz, majd a Plútó felfedezésére. A rakéták pályájának megtervezése ma is ezen az elven történik. A technika nagy része is a newtoni fizika elveit használja fel. A Faraday-Maxwell alkotta elektrodinamika már kivezet ebből a gondolkodásmódból az erőtér (vagy mező) fogalmának bevezetésével. A newtoni és a maxwelli fizika össze nem illeszthetősége vezeti Einsteint a speciális relativitáselmélet megalkotása felé.

Köthetjük konkrét dátumhoz is a modern fizika születését, méghozzá 1900. december 14-éhez, mely napon *Max Planck* (1858-1947) elővezeti a hatáskvantum hipotézist a Berlini Tudományos Akadémia ülésén.

Tehetjük a dátumot későbbre, 1924-re is ,amikor *Werner Heisenberg* (1901-1976) felállítja a róla elnevezett törvényt. Vagy 1926-ra a Schrödinger-egyenlet felfedezésének idejére. Ugyanis ez az az időszak, amikor már végképp nyilvánvalóvá válik, hogy a klasszikus fizika (mechanika) módszerei nem alkalmasak az atomok világának leírására. Ad hoc segédhipotézisekkel (mint a Bohr modell esetében) már nem lehet a problémát kezelni.

Nem kívánunk e kérdéskörben állást foglalni. A továbbiakban a relativitáselmélet, a kvantummechanika (atomfizika, magfizika) és az Univerzum kérdéskörének oktatási vonatkozásaival fogunk foglalkozni.

11.5.1. Modern fizika a tankönyvekben

A modern fizika, különösképp az atomfizika elemei meglehetősen hamar helyet kapnak a magyar fizika és kémia tankönyvekben. Erre mutatunk a következőkben néhány példát.

Külön figyelmet érdemel egy 1916-ban megjelent "Kémia és áruismeret" tankönyv, melyben igaz, hogy csak a függelék részben, de helyet kaptak Radioaktivitás címszó alatt a katód-, Röntgen- és a Bequerel- sugarak is, amelyek, mint azt a tudománytörténetből tudjuk, nagyon friss felfedezések voltak. Vagyis alig 20 év telt el a felfedezés után és ezeket az ismereteket már megtaláljuk egy olyan középiskolai tankönyvben, amely még csak nem is a természettudományos területen kifejezetten érdeklődő tanulók számára készült.

1921-ben jelenik meg Mattyasovszky Kasszián: “Fizika. A középiskolák felsőbb osztályai számára” című két részes tankönyve. Az első rész a 7.osztályosok, a második a nyolcadikosok részére. Az első rész a mechanikát, hullámtant, hangtant és a fénytant tartalmazza. Újdonság, hogy a tankönyv végén megjelennek a tananyagra vonatkozó kérdések. A második rész hőtant, elektromosságtant, mágnességtant és csillagászatot tartalmaz. Rendkívül magas színvonalú tankönyv, a legújabb tudományos ismeretek is megtalálhatók benne, mint a radioaktivitás és ezzel kapcsolatban a kormeghatározás lehetősége, továbbá Rutherford 1919-es magátalakítási kísérlete.

1928-ban lát napvilágot az a "Fizika. A középiskolák felsőbb osztályai számára" című tankönyv szintén Mattyasovszky Kasszián tollából. E mű a radioaktív sugárzás három fajtáját, az alfa, béta és a gamma sugárzást is megemlíti és azok mibenlétét és különböző hatásait is helyesen tárgyalja.

Öveges József 1941-ben megjelent "Fizika a Gimnáziumok és leánygimnáziumok VII. osztálya részére" című könyve már részletesen tárgyalja a hidrogén színképét de még a Bohr-modell alapján. A fény kvantumelmélete (Einstein 1905-ben jelenteti meg fotonokkal kapcsolatos tanulmányát.) és a teljes elektromágneses színkép viszont már szerepel könyvében.

Még ennél is továbbmegy a Nagy - Dombi szerzőpáros 1942-ben megjelent tankönyve, melynek címe "Természettan a gimnáziumok és leánygimnáziumok VIII. osztálya számára", a radioaktivitást, a színképelemzést, a sugárzás törvényeit is tartalmazza, valamint az elektrondiffrakciót, melyet 1927-ben ismernek fel, vagyis 15 évvel a felfedezés után a könyv már tárgyalja. Kiegészítésként ugyan, de szerepel a tankönyv végén egy anyagszerkezeti fejezet és a relativitáselmélet alapgondolata is. Az utolsó oldalakon pedig különböző magfizikai reakciókat tárgyal, és szerepel az a gondolat is a könyvben, hogy az így nyerhető energia milliószorosa lehetne az azonos mennyiségű szén elégetésekor nyerhető energiának. Megjegyzi ezzel kapcsolatban, hogy "Nem csoda, ha a mai energiaforrások kiapadása esetére a tudósok az atomközi energiát akarják az emberek szolgálatába állítani!" Vagyis megjelenik a természeti

erőforrások véges voltának gondolata is, ami csak napjainkban kezd széles körben elismert problémává válni.

Közvetlenül a háború utáni első fizikatankönyveket 1945-ben Öveges József jelenteti meg. A nyolcadikosban már ír az anyag hullámtermészetéről. Az elektroninterferencia jelenségét fénykép segítségével szemlélteti és vastag betűvel kiemeli azt is, hogy 1928-ban hidrogénatommagokkal létesítettek interferenciát, vagyis mindössze 17 évvel a felfedezése után iskolai tankönyvben szerepel a jelenség. Schrödinger gondolatai is megtalálhatók könyvében, miszerint az atommag körüli elektronok mozgását, mint hullámmozgást fogja föl.

1954-ben az iskolarendszer megváltozása után új fizikatanköny lát napvilágot. (Szerzőgárdája: Bodó, Bor, Csada, Hanza, Párkányi, Tamás.) Az eddigiekhez hasonlóan ebben is megtaláljuk a nemrég felfedezett új tudományos eredményeket. A magfizika elemei szerepelnek, de már nem csak a radioaktív sugárzások, az atommag részei, hanem a maghasadás folyamata is, az alkalmazási (katonai és békés célú) lehetőségek számbavételével. A maghasadást 1938-ban fedezik föl, tehát mindössze 16 évvel később már gimnáziumi tananyag. Az 1959-ben írt változatban már a kozmikus sugárzás is helyet kap.

A következő fizikatankönyv 1968-ban jelenik meg, amely Nagy János, Nagy Jánosné és Bayer István munkája. Az eddigiekhez képest új ismeretként a félvezetőfizika elemeit találjuk meg. A félvezetőket a vegyészek már a múlt században ismerték, de széleskörű alkalmazásuk a tranzisztor 1948-as feltalálása után kezdődött el. Vagyis az új tudományos eredmény 20 év múlva a tankönyvekben szerepel.

A 70-es évek elején tantervi reformfolyamatok kezdődtek el a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával. Az indíttatás állami jellegű, mely az 1972-es oktatáspolitikai párthatározat elemeként jelenik meg. A kidolgozáskor messzemenően figyelembe vették a nemzetközi tapasztalatok eredményeit is. Az 1978-ban bevezetett természettudományos program jelentős mértékben tartalmazza a modern fizika elemeit is, elsősorban a gimnázium 4. osztályában. A tananyag vázlatos tartalma az elektrontól a galaxisokig, kozmikus és biológiai evolúció. A nemzetközi viszonylatban is elismert oktatási kísérlethez rendkívül sok kiadvány jelent meg, rendszeres tájékoztatók a kollégák számára a Fizika Tanítása és a Fizikai Szemle hasábjain. Összefoglaló jelleggel cikkgyűjteményeket adtak ki az atomfizika alapelveiről, arról, hogy ezek hogyan jelennek meg neves külföldi és természetesen a hazai oktatási szakemberek gondolataiban. A diákok részére kísérletgyűjtemények, feladatlapok és még anyagszerkezeti olvasókönyvek is készültek a tankönyvek mellé. Ezek néhol a fantasztikus regényekbe illő olvasmányok, vagy kifejezetten sci-fi regények, novellák részletei, illetve sok tudománytörténeti visszaemlékezés is olvasható közöttük (MTA, 1976).

A 4. osztályos gimnazisták, 18 éves tanulók részére szóló fizika tankönyvet Tóth Eszter (1985) írta meg, amelynek bevezetése forradalmi átalakulást jelenthetett volna a magyar fizika oktatásában. Az atomfizikai ismeretek tárgyalására 17 leckét szán, ahol az atomi elektronállapotok bemutatásához természetes módon használja az elektron hullámmodelljét. Kiemelten foglalkozik a magfizikával is, amelyre 12 leckét biztosít. Kiemelten kezeli a magyar tudósoknak a nukleáris energia felszabadításában játszott szerepét, melyről addig nem igen lehetett hallani. A magfizikát feldolgozó leckék

szerves folytatásaként jelenik meg az asztrofizika és az anyag fejlődéstörténetének a bemutatása az ősrobbanástól napjainkig. Ez utóbbi rész azért is érdekes, mivel az addig készült könyvek a csillagászatot általában a csillagászati helymeghatározás kérdéseivel kezdik.

Az új tudományos eredmények, felismerések tehát megjelennek a tankönyvekben, de bizonyos időkéséssel. Ez az idő azonban egyre inkább rövidülni látszik. Ha nem is kötelező, de kiegészítő, fakultációs keretben bekerülnek az iskolákba a felfedezések. A 80-as években nagyon sok különböző témájú, fakultációs keretben történő feldolgozásra szánt rövid tankönyv jelenik meg. A legújabb tudományos eredmények inkább ezekben kapnak helyet, a lézerfizika, a szilárdtestfizika, a csillagászat stb. új eredményei.

Az 1990-es években ismét újra kellett gondolni az iskola helyét és szerepét a társadalomban. A modern fizikai ismeretek létjogosultságát a tananyagban nem vonta kétségbe sem a Nemzeti Alaptanterv, sem pedig az annak alapján készülő Kerettanterv. Az e dokumentumok alapján készülő könyvekben helyet kaptak mind az atomfizika, mind a magfizika, a nukleáris technika és a modern csillagászat legfontosabb elemei.

A Zátonyi – ifj. Zátonyi páros által alkotott tankönyvsorozat utolsó, 6. tagja, amely 18 évesek számára készült, a modern fizika elemeit tárgyaló részben kitér a legfontosabb atomfizikai ismeretekre, de az elektron hullámmodelljének alkalmazását mellőzve. A magfizikai ismeretek történeti kontextusban jelennek meg. A csillagászati fejezet nem evolúciós szemléletű, inkább leírónak mondható. Az ősrobbanás elmélete hiányzik belőle. (Zátonyi – ifj. Zátonyi 1998)

A budapesti Radnóti Miklós Gyakorlóiskola szerzőgárdája által készített tankönyv, alkotószerkesztő: Tomcsányi Péter, szintén a 18 évesek számára dolgozza fel a modern fizika témakörét. Empirikus alapról indul a tárgyalás, sok tényanyagot tartalmaz, de a kötött elektron állóhullám-modelljét nem alkalmazza. A magfizikai rész sok fontos momentumot tartalmaz, bár a legtöbbet csak kiegészítésként. A csillagászati fejezet ebben a könyvben sem evolúciós felépítésű. Az ősrobbanás elmélet az utolsó leckében szerepel (Tomcsányi 1996).

Bár e fejezet címében csak a tankönyvi irodalom áttekintése szerepel, mégis lényeges momentumnak tűnik annak a megemlítése is, hogy napjainkban a gyerekek számára minden eddiginél szélesebb választék áll rendelkezésre természettudományos *ismeretterjesztő művekből*. Ezek, a legtöbb esetben szép kivitelezésű, színes képekkel, fotókkal és ábrákkal színesített könyvek általában az általános iskola felső tagozatára járó gyerekeket célozzák meg. Ezekben a könyvekben szerepelnek a klasszikus témák mellett a modern fizika elemei is, mint például a lézerek, atomok, a kémiai kötés, félvezetők, radioaktivitás, atombomba, atomerőmű, ősrobbanás, a fény Nap közelében történő gravitációs elhajlása(!) stb. Vagyis az iskolai fizika oktatás során már az általános iskolában tanító kollegáknak is számítani kell arra, hogy az érdeklődő tanulók meglephetik érdekes kérdéseikkel. Ugyanakkor ez fontos jelzés a tananyag tartalmának meghatározásában is!

11.5.2. Relativitáselmélet

A téma és Einstein személye még napjainkban is rendkívüli vonzerővel bír az emberek szemében, és tanulságos a tudományos kutatás módszereinek bemutatása

szempontjából is. Az elméleti rendszer kialakítását, megkonstruálását ugyanis nem előzik meg kísérletek. Ezek csak utólagos vizsgálatok tárgyai. A speciális relativitáselméletet bemutató 1905-ben megjelent tanulmány bevezetőjében szó sincs a Michelson kísérletről, ahogy az általános relativitáselméletet tárgyalóból is hiányzik a súlyos és a tehetetlen tömeg azonosságát igazoló Eötvös-kísérlet. Ezeket a kísérleteket Einstein akkor nem ismerte. Ellenben több olyan tényt, megfigyelési lehetőséget kínál, mely elméleti rendszerét alátmasztja.

Az elemi részecskék esetében megfigyelt tömegnövekedés az elmélet kísérleti igazolásának tekinthető. Einstein 1906-ban a „Függ-e a test tehetetlensége energiatartalmától" című cikkében a következőt írja az "Annalen der Physik" oldalain:

> A testek tömege energiatartalmuknak a mértéke; ha az energiájuk *L*-lel változik, tömegük ugyanolyan értelemben $L/9.10^{20}$ -nal változik, ha az energiát ergben, a tömeget pedig grammban mérjük. Nem kizárt eset, hogy olyan testeken, amelyek energiatartalma nagymértékben változó (például rádiumsókon) sikerül majd az elmélet helyességét bebizonyítani. Ha az elmélet egyezik a tényekkel, a sugárzás a fényt kibocsátó és elnyelő testek közt tehetetlenséget visz át.

Abban az időben még csak a radioaktivitás törvényeit kutatták, az atommag szerkezetét és a neutront nem is ismerték. Einstein ekkor még nem tudhatta, hogy összefüggésének mintegy alátámasztásaképp néhány évtized múlva elérkezik a tudomány az atomenergia felszabadításához.

Az általános relativitáselmélet későbbi megalkotása is példa arra, hogy az elmélet kidolgozása egyáltalán nem a kísérleti tapasztalatokra hivatkozva történt. Einstein nem indulhatott ki a Merkúr bolygó mozgásában tapasztalt rendellenességekből (perihéliummozgás, vagyis a Merkúrpálya elleipszise nagytengelyének rendellenes mértékű elfordulása), mert ugyan a tény ismert volt, de az elmélet megalkotása előtt nem lehetett tudni, hogy azzal majd magyarázható lesz.

A fény elgörbülése a Nap mellett, amely teljes napfogyatkozás alkalmával figyelhető meg, már az elméletből megjósolt jelenség, tehát az elmélet megalkotása nem támaszkodhatott rá. *Einstein* erről a következőket írja „A gravitáció befolyása a fény terjedésére" című 1911-ben megjelent cikkében:

> *A Nap mellett elhaladó fénysugár tehát 0,83 ívmásodperc eltérítést szenved.* A csillagnak a Nap középpontjától számított szögtávolsága a sugár elgörbülése miatt ennyivel látszik nagyobbnak. Minthogy az égboltnak a Nap környezetében levő része teljes napfogyatkozáskor láthatóvá válik, az elméletnek ez a következménye a tapasztalattal összehasonlítható.

A szintén az elméletből adódó, a mozgással lassuló időnek igen érdekes példáját, kísérleti bizonyítékát szolgáltatják a müonok, amelyek $2{,}2.10^{-6}$ s átlagos élettartamú, spontán bomló részecskék. Ezek a részecskék a kozmikus sugárzással érkeznek a Földre, de laboratóriumban is előállíthatók. A kozmikus sugárzásban levő müonok egy része elbomlik a Föld középső légrétegeiben, azonban a többi csak anyagban való

lefékeződés, megállás után bomlik el. A rövid élettartamú müon esetében, ha "életidejét" megszorozzuk a fény terjedési sebességével, azt kapjuk, hogy még 600 m utat is alig tud megtenni. Ennek ellenére a tapasztalat az, hogy a földi atmoszféra tetején, néhányszor 10 km magasságban a kozmikus sugárzás hatására keletkező részecske megtalálható a Föld felszínén levő laboratóriumokban is. Hogyan lehetséges ez? A jelenség magyarázata az, hogy a különböző müonok különböző sebességgel mozognak, és némelyiknek igen közel van a sebessége a fénysebességhez. Míg saját (mozgó) rendszerük szempontjából mindössze $2{,}2.10^{-6}$ s az élettartamuk, addig a mi rendszerünkből nézve ez az időtartam lényegesen hosszabb, annyival, hogy elérhetik a Föld felszínét. A különböző sebességű müonok élettartamának a mérése igen nagy pontossággal igazolta az einsteini formulát.

A fent említett jelenségek némelyikének iskolai tárgyalása a tudomány működésének megértésében is fontos szerepet játszhatna. Egy elméleti konstrukció alapján olyan tényeket lehet megmagyarázni, melyeket addig nem sikerült, illetve olyan kísérletek, megfigyelések elvégzésének gondolata következhet az elméletből, amelyek addig senkinek nem jutottak eszébe.

A magyar fizika minden iskolatípus számára kötelező jellegű tanterveiben nem jutott hely a relativitáselmélet alapjainak szisztematikus tárgyalására. Ilyen formában csak az emelt szintű érettségi követelményrendszerében szerepel. Érdekes azonban, hogy egyes elemei alkalmazásként megjelennek a tanítás során, pl. az atommagok kötési energiájának kiszámításánál.

11.5.3. A kvantummechanika elemei

Az ókori görögök által megkonstruált, majd egy időre elfeledett, aztán a reneszánsz korban ismételten felfedezett, a következő századokban jelentősen átalakult atomos elképzelés iskolai bemutatása több lépésben történik a fizika és a kémia tantárgyak keretén belül. A részecskekép kialakítása a fizika keretében kezdődik el, ezzel külön fejezetben foglalkoztunk. A kémia ezt fejleszti tovább a daltoni kép bevezetésével, majd az atom “felbontásával”, az egyszerű héjszerkezeti kép magalkotásával, hogy a kémiai átalakulásokat értelmezni tudja. A kémia a 9-10. évfolyamon újabb fogalmi váltással bevezeti a hullámképet, bár magyarázatával valójában adós marad. Ez a fizikára vár. A biológiai rendszerekre jellemző makromolekulák, mint például az enzimek működésének magyarázatával ugyanígy adós marad a biológia. Tehát a fizika órákon kell olyan atomszerkezeti képet kialakítani, hogy azzal magyarázható legyen az élő és az élettelen természet működése egyaránt. A magyarázatot a kötött elektron hullámmodellje jelenti.

A modern fizika alapjaival való ismerkedést jelenti az elektron kettős természetének (hullám – részecske) feldolgozása, amely komoly fogalmi váltás. A cél kialakítani a gyerekekben azt a képet, hogy az elektron többféleképpen modellezhető, vizsgálódási szempontjainktól függően. A jelenségek feldolgozása során a leírás szempontjától függően kell az éppen használható modellt megválasztani.

A feldolgozás első felében az elektron olyan jellemzőivel foglalkozunk, amelyek jól illeszthetők egy részecskével kialakított golyómodellbe (tömeg, töltés, nyomkép a ködkamrában). Ezután viszont célszerű elkezdeni összegyűjteni azokat a tényeket,

amelyek az eddig bevált, a klasszikus fizika megismerése során használt fogalmakkal nem magyarázhatók meg. Fogalmi váltásra van szükség. Új modell után kell kutatni. Bevezetjük az elektron hullámmodelljét, ami szintén ellentmondásokra vezet a tapasztalattal. Tudatosítjuk azonban, hogy az ellentmondás nem az elektronban van, hanem a mi nem megfelelő fogalomkészletünkben. Az elektron mozgásának törvényszerűségeit a Heisenberg-törvény írja le, amely természetes következménye annak, ha az elektront, mint hullámcsomagot képzeljük el. Szándékosan nem Heisenberg-féle határozatlansági törvényt írtunk, mivel az azt a téves képet sugallná, hogy az elektron viselkedése nem lenne meghatározott, holott nem erről van szó.

Ez az anyagrész komoly lehetőséget kínál a differenciálásra. A fizika iránt kevésbé érdeklődő osztályban, amennyiben a tanár úgy látja jónak, nem szükséges kiéleznie a modern és a klasszikus fizika fogalmai közt feszülő ellentmondást. Ez ténylegesen nehéz fejezete a fizikának. Ebben az esetben a fényhullámok után következhet az, hogy az interferenciakísérlet alapján az elektront is képzelhetjük hullámnak. A fényt pedig adagos volta miatt (fotoeffektus) részecskének, illetve a foton kifejezést használjuk.

Egy lehetséges feldolgozási mód

1. Az elektron golyómodelljével jó összhangban van:

- az elektron, mint elemi részcske felfedezése a katódsugárzásban,
- tömegének nagyságrendje és mérési lehetősége,
- töltése, elemi töltés, és meghatározása.

Csoportmunkában dolgozható fel egy-egy rész, majd a csoportok beszámolnak.

2. Az eddig tanultak segítségével nem magyarázható jelenségek gyűjtése, a *fogalmi váltás előkészítése.* Szerepelhetnek a következők:

- vonalas színkép előállítása,
- fotoeffektus (cinklemez megvilágítása kvarclámpával, fotocellán megvilágítás hatására kialakuló feszültség mérése), fotokémiai példák keresése (fotoszintézis, barnulás, HCl szintézise stb.)
- maguk a már ismert kémiai reakciók, hiszen az elektronhéjak léte, az ionok, különösképp a negatív ionok kialakulása, valamint a kovalens kötés létrejötte nem magyarázható a golyómodellel.

3. Kísérletek

a.) gondolatkísérletek, pl. kettős rés:1. golyókkal

2. hullámokkal (víz, fény)
3. elektronnal

Ψ bevezetése (ez csak kiegészítésként ajánlott).

b.) Elektrondiffrakció grafitrácson

Várt elektroneloszlás a detektoron a golyómodell alapján:	Egyenletes eloszlás
Tényleges kép:	Gyűrűk jelennek meg

4. Az új modell kialakításának lépései:

- az elektron modellezhető hullámként, a hullámhossz meghatározása
- hullámcsomag szerkesztése, hullámok összeadása,

- hullámmodell következményei, Heisenberg-törvény
- résen való elhajlás ismételt megbeszélése, kísérlet elvégzése kiegészítésként.

A kvantummechanikai jelenségek értelmezése sok filozófiai problémát is felvet. Amennyiben érdekli a tanulókat, akkor érdemes beszélgetni ezekről.

Célszerű az elektron hullámtermészetének bemutatása után a kvantummechanikai atommodellt tárgyalni. Az elektron hullámtermészetéből ugyanis már viszonylag egyszerű módon el lehet jutni az állóhullámokon keresztül az atom kvantummechanikai modelljének alapvető gondolataihoz. A különböző állapotok kvantáltsága ebben a modellben már következik az állóhullám-állapotokból, nem pedig mint ad hoc hipotézis jelenik meg (mint a Bohr-modell esetében), amelyet fel kell tenni ahhoz, hogy értelmezni lehessen a kísérleti tapasztalatokat. Továbbá az állóhullám-modellel magyarázható meg a molekulák alakja, ami az enzimek és a többi biológiailag fontos molekula működésének is az alapja. Ezzel a fizikában valóban magyarázatot nyerhetnek a gyerekek által addig egyszerűen csak elraktározott kémiai és biológiai ismeretek.

A kémiában előszeretettel használják az elektronsűrűség fogalmát. Ezen a hullámfüggvény abszolút értékének négyzetét, az elektronnak egy adott helyen történő megtalálásának valószínűségsűrűségét kell érteni. Lehet, hogy célszerűbb a *töltéssűrűség* fogalma, mivel az a dolog lényege. A töltés eloszlása a hullámalakkal modellezhető. Minden kémiai reakció esetében a töltéstérképek az érdekesek. A kémiai reakciók döntően elektromos „alapon működnek”, a biokémiában ezt juttatta tökélyre a természet! A töltéshiány vagy többlet abból adódik, hogy az állóhullám-mintában kisebb vagy nagyobb elektronsűrűség alakul ki szemben azzal az állapottal, amelyben az elektronok gömbszimmetrikusan leárnyékolják a magot.

Érdekes az, hogy az elemek jelentős része fémes jellegű, illetve vegyületeiben pozitív oxidációs állapotú. Egyszerű negatív ionokat csak a kis rendszámú elemek alkotnak, mint az oxigén, a fluor, a klór. Ez a hullámmodell alapján érthető, mivel az egyik, másik p állapotból hiányozván az elektron, a mag nincs leárnyékolva, mintegy “kilátszik” a pozitív töltése, tehát ebbe a potenciálgödörbe belepottyanhat az elektron. Az elektromos munkavégzés energia felszabadulását eredményezi. A nagyobb rendszámú atomok esetében a sok elektron a mag körül kellő árnyékolást biztosít. Ha leszakítjuk az elektront, akkor persze energiát kell befektetni, a pozitív ion keletkezése nem jár energia felszabadulásával, nem kerül az atom ezzel a lépéssel mélyebb energiájú állapotba, a teljes rendszer viszont igen.

A nukleáris technika alkalmazása során felmerülő problémák

A magfizikai ismeretek tanítása napjainkban, az atomkorban mindenképpen fontos, amikor Földünkön több, mint 400 atomerőművi blokk üzemel, némelyik már 30 éve termeli a villamosenergiát. Ezeket az ismereteket atombomba előállítása során is lehet használni. A világ sajnos ezt a felhasználási lehetőséget ismerte meg először, hiszen a második világháború végén dobta le az Amerikai Egyesült Államok Japánra a két atombombát. Ez az esemény alapvetően meghatározza az emberiség atomenergiához való viszonyát, amely nem mentes a szélsőségektől sem. Ugyanakkor napjainkban a nukleáris technika egyéb, békés célú felhasználást lehetővé tevő vívmányai is mindennapi életünk részét képezik, gondoljunk a széleskörű orvosi alkalmazásokra.

Ezért fontos, hogy korrekt ismereteket adjunk tanítványainknak ebből a témakörből, de természetesen egyszerű formában.

Amennyiben erre lehetőség van, érdemes kirándulás keretében megtekinteni a Paksi Atomerőmű Rt. Látogató Központját, amely rendkívül jó összefoglalást ad a témával kapcsolatban. A látogatást érdemes előre bejelenteni, ha nagyobb csoportot visznek a kollegák. A bemutató megtekintése egyébként díjtalan és bárkinek lehetősége van rá, gyerekeknek is, mivel nem tartozik az erőmű területéhez.

Javasoljuk még a tanár kollegáknak, hogy kötelezően választható jelleggel minden tanulónak el kelljen olvasnia egy, a magfizika társadalmi vonatkozásaival kapcsolatos könyvet. Felsorolunk néhány példát, a könyvek elolvasása után a gyerekek beszámolhatnak valamilyen formában, például viták során, fogalmazás keretében stb. A fizikát szerető, esetleg felvételire ebből a tantárgyból készülő tanulók számára mindenképpen érdekes, de valószínűleg a társadalomtudományi pályát választók számára is, hiszen éppen a 20. század történetének fontos elemei kapnak helyet a könyvekben.

Javasolt könyvek

Curie Eva(1967): *Madame Curie.* Gondolat Könyvkiadó, Budapest.
Goldsmith M.(1979): *Frédéric Joliot-Curie.* Gondolat Könyvkiadó, Budapest.
Herneck, F.(1969): *Az atomkorszak úttörői*. Gondolat Könyvkiadó, Budapest.
Lanouette, W.(1997): Szilárd Leó, *Zseni árnyékban*. Magyar Világ, Budapest.
Marx György(2000): *A marslakók érkezése.* Akadémiai Kiadó, Budapest.
Maszudzsi, I. (1978): *A fekete eső*. Európa Könyvkiadó, Budapest.
Nikolaev – Dimicsev (1982): *A megszelidített atom.* Kozmosz Kiadó, Budapest.
Ovcsinnyikov, V.(1985): *Az A-bomba sztorija*. Kossuth Könyvkiadó, Budapest.
Stulz, P.(1976): *A Szörnyeteg, az atommagkutatás történetéből*. Zrínyi, Kossuth Könyvkiadó, Budapest.
Teller Ede – Zeley László (1991): *A biztonság bizonytalansága, Az atomkor – fél évszázad múltán*. Relaxa Kft. Budapest.
Tölgyessy György(1977): *Az atomkorszak detektívjei.* Gondolat Könyvkiadó, Budapest.

Egy lehetséges feldolgozási mód

1. *Előzetes ismeretek, vélekedések feltárása:* Az első, és ebben az esetben is nagyon fontos lépés a tanulók előzetes ismereteinek, az érzelmektől sok esetben nem mentes vélekedéseiknek a feltárása a témára vonatkozóan. A tanár belátásától függően ez történhet beszélgetés formájában, de néhány kérdésből álló kérdőívet is kitölthetnek a tanulók. Az eddigi adatfelvételek során elég nagy különbség mutatkozott a fiúk és a lányok vélekedései között. Egyszerűen fogalmazva: a lányok sokkal jobban félnek a nukleáris energia alkalmazásától, és szignifikánsan kevesebbet is tudnak róla, mint a fiúk (Radnóti 1998. 1993) Érdemes erre itt külön is odafigyelni.
2. *Energiaforrások:* Második lépésben ismét át lehet tekinteni az energia különböző megjelenési formáit, az energiaszükségleteket és azok kielégítési lehetőségeit számba venni.
   Készíthetnek tablókat a tanulók, gyűjthetnek újságcikkeket a témával kapcsolatban.

3. *A nukleáris kölcsönhatás*: Tisztázni kell a méretviszonyokat, továbbá azt, hogy igaz, hogy az atommag nagyon kicsi, de a magerők által kialakított kötések energiája több nagyságrenddel nagyobb a kémiai reakciók energiájához viszonyítva.
4. *Az atommag cseppmodellje***:** Néhány szilárd, vagy folyékony anyag és a maganyag sűrűségének összehasonlítása kvantitatív formában, csoportmunkában.
5. *A nukleáris energiához való hozzáférés lehetőségei:* Az energiavölgyet kvalitatíven, grafikon segítségével mindenképpen érdemes tárgyalni tanári magyarázat formájában. Fontos, hogy a tanulók lássák a kétféle energiafelszabadítási lehetőséget, a fúziót, amely egyelőre csak a csillagokban valósul meg szabályozott formában (Nap), és a hasadást, mely jelen pillanatban lehetőséget ad az energiatermelésre a Földön is (láncreakció, amely azonban szabályozható). A hasadványok radioaktívak lesznek mindenképpen, hiszen az atommagokban több a neutron, mint az azonos rendszámú stabil magokban, ezért a nukleáris hulladék biztonságos elhelyezésére nagy gondot kell fordítani.
6. *Radioaktivitás mindenhol:* A radioaktív sugárzástól való félelem miatt kell beszélni a természetes eredetű sugárterhelésről, melyben az élet is kialakult, továbbá a mesterségesről, melynek jelentős része az orvosi gyakorlatban jelentkezik és nem az atomerőművek működésének következménye. Érdemes továbbá ismét áttekinteni az egyéb energiatermelési lehetőségek környezetszennyező hatását is e fejezetben.
7. *A különböző tevékenységek kockázata:* Végezetül érdekes összehasonlításokat lehet tenni a különböző emberi tevékenységek kockázatának elemzésével. A mai fiatalok gondolkodásától nem áll távolabb az atomerőmű, mint a csigasorok, a kénsavgyártás, vagy az elektromos energia előállítása. Matematikailag a magfizika könnyebb, fogalmi készlete egyszerűbb, mint pl. a váltóáramok tárgyalása. A társadalmi vonatkozásai miatt viszont rendkívül fontos a szerepe, hiszen a jövő fokozott energiaigényét hazánkban valószínűleg nem lehet másképp megoldani, csak újabb atomerőmű építésével. Ezért rendkívül fontos, hogy a felnövekvő nemzedék elfogadja az atomenergiát, ne féljen tőle. Ezt pedig korrekt ismeretek közvetítésével lehet megvalósítani. Engedjük a tanulókat vitatkozni egymással, ugyanakkor figyeljünk oda arra, hogy a felhozott érvek mindig szigorúan szakmai, tudományos ismereteken alapulóak legyenek és ne érzelmi jellegűek. Ugyanakkor azt is fel kell ismertetni, hogy egy-egy döntés meghozatalakor ezek a momentumok is szerepet játszanak.

Kiegészítő témák, tevékenységek:

- Az ionizáló sugárzások felfedezésének történeti vizsgálata
- A láncreakció felfedezése és a II. Világháború története, hidegháború és az atombomba
- Nukleáris balesetek okainak tanulmányozása, nukleáris eseményskála
- Különböző atomerőmű-típusok tanulmányozása
- A nukleáris fizika és a politika kapcsolata

Feladatok

1. Készítsen listát a mindennnapi életben használható olyan eszközökről, amelyek működése alapvetően a modern fizika eredményein alapul!
2. Vizsgálja át a televízió egy heti programját és gyűjtse ki azokat a műsorokat, melyek témája a modern fizikával kapcsolatos!

3. Gyűjtsön olyan ismeretterjesztő könyveket, amelyek a modern fizika eredményeit mutatják be 12-16 éves gyerekek számára!
4. Vizsgáljon át napilapokat, különböző folyóiratokat! Milyen a modern fizikát érintő cikkek találhatók bennük? Mennyire megbízható információkat közvetítenek a különböző cikkek a nagyközönség felé? Csoportosítson aszerint, hogy melyeket tartja megbízhatónak, s melyeket nem!
5. Végezzen adatgyűjtést a nukleáris energia elfogadását illetően diákok és/vagy a nagyközönség körében!
6. Vizsgáljon meg kémia tankönyveket abból a szempontból, hogy a kvantummechanika alapelemei milyen formában jelennek meg az általános kémia fejezetekben!
7. Készítsen felmérést a modern fizika kidolgozásában részt vett magyar tudósok ismertségére vonatkozóan!

Felhasznált irodalom

Bayer,I – Csada Imre – Hanza T. – Huszka, E-né (1958): *Fizika.* Általános gimnázium lV. osztálya. Tankönyvkiadó, Budapest.

Bayer István – Nagy János – Nagy Jánosné (1968): *Fizika.* gimnázium lV. Osztálya Tankönyvkiadó, Budapest

Bodócs, I – Mattyasovszky K (1928): *A fizika elemei.*A ginm. és reálgimn. Lll a leánygimn. és leánylíceum lV. oszt. Számára Szent-István-Társulat, Budapest.

Bodó, Z – Bor P. – Csada I. – Hanza T. – Párkányi L.- Tamás Gy. (1954): *Fizika.*Általános gimn. lV. Osztály Tankönyvkiadó, Budapest.

Csekő Árpád – Jeges Károly (1941): *Természettan.* A líceum 4.oszt. számára. Budapest.

Dancsházy, G – Sándor J. (1916): *Kémia és áruismeret*. Franklin-Társulat, Budapest.

Dombi, B – Nagy M (1942): *Természettan.* Gimn.és Leánygimn.Vll.o.és Vlll. o. Tiszántúli református egyházkerület könyvnyomda vállalata.

Greguss, Gy (1870): *Természettan.* Pest.

Greguss, Gy – Berecz A (1906): *Természettan.* Athenaeum Nyomda, Budapest.

Győrffy, J (1923): *Természettan és vegytan.* A kath. népisk. felső o. Szent István-Társulat, Budapest.

Heller Ágost (1882): *Fizikai földrajz a gimnázium III. osztálya számára*. Atheneaum Nyomda, Budapest.

Hobson, Art (1999): *Physics. Concepts and Connections*. Prentice Hall, Upper Saddle River.

Kovács László (1985): *Félvezetők és ionkristályok néhány érdekes optikai tulajdonsága és alkalmazásuk.* Fakultatív Tankönyv a Gimnáziumok 4.osztálya számára. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.

Kovács László (1986): *Kapcsolatok a szilárdtestek szerkezete és néhány tulajdonsága között.* Fakultatív Tankönyv a Gimnáziumok 4.osztálya számára. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.

Lévay, E.: (1910): *Matematikai és fizikai földrajz*. gimnázium lll.oszt. Szent-István-Társulat, Budapest.

Lévay, E. (1921): *A csillagászati és fizikai földrajz elemeivel.* A kath. polg. leányisk. Szent-István-Társulat, Budapest.

Makay, I. (1909): *Fizika és fizikai földrajz, gimn.lll.oszt*. Franklin-Társulat, Budapest.

Mari László (1985): Az elsős kémiáról negyedikeseknek. *A Kémia Tanítása*, No.1. p.20-24.

Marx György (1978): *Életrevaló atomok*. Akadémiai Kiadó, Budapest.

Marx György (Szerk.) (1989): *Energy and risk.* Konferenciaanyag GIREP OOK, Veszprém.

Mattyasovszky Kasszián (1921): *Fizika, A középiskolák felsőbb osztályai számára*. Budapest.
Mattyasovszky Kasszián (1928): *Fizika*, A középiskolák felsőbb osztályai számára. Budapest.
MTA (1976): *Olvasókönyv az atomokról az Anyagszerkezet tantárgyhoz*. MTA Elnökségi Közoktatási Bizottságának kiadványa, Budapest.
Nagy M. – Dombi, B. (1941): *Természettan. A gimnáziumok és leánygimnáziumok 3. osztálya számára*. Debrecen..
Nahalka István (1998): Az oktatás tartalma. In: Falus Iván (Szerk.): *Didaktika. Elméleti alapok a tanítás tanulásához.* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. 190-220.
Öveges József (1941): *Fizika Gimnáziumok és leánygimnáziumok Vll. Osztálya számára*. Szent-István-Társulat, Budapest.
Öveges József (1945): Fizika a gimnáziumok és leányginmáziumok Vlll. Osztálya számára. Szent-István-Társulat, Budapest.
Radnóti Katalin (1984): *A lézer.* Fakultatív modul a gimnáziumok lV. osztálya számára Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
Radnóti Katalin – Tóth E. (1986): *Fizika IV. osztály Tanári Kézikönyv Gimnázium*. Tankönyvkiadó, Budapest.
Radnóti Katalin (1987): Néhány gondolat a kémia és a fizika összehangolt tanítására a gimnázium első osztályában. *A Kémia Tanítása,* 3, 93-96.
Radnóti Katalin (1987): Néhány gondolat az atomfizika gimnáziumi tanításához *A Fizika Tanítása*, XXVI.(1),6-12.
Radnóti Katalin (1988): Milyen napjainkban Magyarországon a tizenévesek atomenergiához való viszonya. *Fizikai Szemle,* 4,157-160.
Radnóti Katalin (szerkesztő) (1992): *Magfizika példatár*. ELTE Atomfizika Tanszék, Budapest.
Radnóti,K. (1992): Csernobil: hat évvel a baleset után. *Természet Világa,* 7,311-315.
Radnóti Katalin (1993): Beszélgetések az atomenergiáról. *Iskolakultúra,*11,79-82.
Schmidt, Á. (1896): *Fizika és fizikai földrajz, középiskolák lll.oszt. számára*. Lampel Róbert Könyvkereskedés kiadása, Budapest.
Tomcsányi Péter(Szerk.) Szerzők: Gulyás János – Honyek Gyula – Markovits Tibor – Szalóki Dezső – Varga Antal (1996): *Fizika. Modern fizika.* Calibra Kiadó, Budapest.
Tóth Eszter (1985): *Fizika IV. gimnázium.* Tankönyvkiadó, Budapest.
Zátonyi Sándor – ifj. Zátonyi Sándor (1998): *Fizika 6. Optika, modern fizika, csillagászat.* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.

NÉV- ÉS TÁRGYMUTATÓ

A,Á

Abegg, G.L., 97, 280
Abonyi Iván, 108, 117
absztrakció, 19, 24, 25, 28, 30, 143, 144
Abt Antal, 58, 97
Ádány András, 43, 53
adaptív, 33, 113, 121, 125, 130, 134, 135, 137, 141, 151, 152, 195, 255, 259, 260, 265
adaptív modell, 268
adaptív tudás, 34
adaptivitás, 19, 32, 115, 130, 131, 236, 261
Ágoston-rend, 41
állampolgári szerep, 128
Alonso, M, 288, 290
általánosítás, 24, 25, 28, 30, 101, 105, 143
alternatív elképzelés, 287
alternatív elmélet, 15, 104, 141
Amerikai Egyesült Államok, 64, 69, 121
amerikai reformpedagógia, 64
Amerikai Tudományfejlesztő Társaság, 66
Ampere, André Marie, 293
Anderson, J. R., 198
Antarktisz, 90
Antolik Károly, 59, 97
Antunes, M.J., 287, 291
arab egyetemek, 39
arabok, 82
Arad, 59
Arisztotelész, 37, 38, 39, 41, 82, 83, 107, 108, 117, 152, 153, 170, 265, 272, 282
arisztotelészi elképzelés, 172, 272
arisztotelészi fizika, 39, 152, 255, 265
arisztotelészi gondolkodás, 104
arisztotelészi mozgáselmélet, 251, 276
arisztotelészi mozgáskép, 16, 134, 148, 165, 173, 270
arisztotelészi világkép, 38, 88, 167
Arkhimédesz, 37, 71
Athén, 37
atomelmélet, 38, 73, 147, 272, 273
atomista elképzelés, 73
atomista nézet, 272
attitűd, 13, 18, 30, 35, 88, 135, 136, 182
Avogadro-állandó, 274

B

babilóniaiak, 81
Baillargeon, R., 130, 148
Balázs Lóránt, 280
Balázs Lórántné, 290
Ballér Endre, 246, 252
Balogh László, 53
Balogh Lászlóné, 271
Balogh, K, 97
Bánfi Ilona, 36
Baranyi Károly, 259, 271
Barczafalvi Szabó Dávid, 44, 53
Barnes, Barry, 104, 117, 244
Barrow, 117
Bartoniek Géza, 47
Basel, 45
Báthory Zoltán, 97, 207, 233
Bayer István, 53, 303, 311
Beardsley, T., 66, 97
Beaton, A. E., 15, 17, 35
Beck Mihály, 113, 117
Bécs, 45
behaviorizmus, 121, 188
bencés rend, 46
Benyák Bernát, 44
Berecz A., 311
Berlin, 45
Bernal, J.D., 117
Bernoulli, 71
Bierbauer Lipót, 46
Black, Joseph, 282, 283, 287
Bloor, David, 104, 117, 244
Bodó Zalán, 48, 53, 303, 311
Bodócs, I., 311
Bohr, Niels, 74, 302, 308
Boksay Zoltán, 290
Boltzmann, Ludwig, 284
Bonifert Domonkosné, 290, 295, 300
Bor Pál, 48, 53, 303, 311
Boros Dezső, 290
Boyd, R., 117, 244
Boyle, Robert, 73, 273
Brahe, Tycho, 38, 83, 110
Breinlinger, K., 149
Brewer, B., 149, 150
Brewer, W. F., 177
Brook, A., 157, 167, 177
Bruno, Giordano, 83, 272
Buda, 42, 44
Budapesti Pedagógiai Főiskola, 50
budapesti Radnóti Miklós Gyakorlóiskola, 304
Budapesti Tudományegyetem, 50
Budó Ágoston, 244

C

Camera obscura, 44
Carey, S., 151, 177
Carlton, K., 288, 290

Carnap, Rudolf, 117, 244
Carnot, Sadi, 284
Carter, Jimmy, 115
Cavendish, Henry, 292
Charles, R. J., 198
Chi, M. T. H., 154, 177, 186, 197
Chicago, 67
Claparede, Eduard, 27
Clausius, Rudolf, 284
Cohen, L.B., 130, 148, 165
Cohen, R., 177
Collins Educational, 67
Comenius, 24, 35, 40, 42, 53, 233, 235, 244
Cosgrave, M., 160, 177
Coulomb, Auguste, 292
Crick, Francis, 78
Cross, J.B., 97, 280
Curie, Eva, 309
Curie, Pierre, 73
Curie-házaspár, 77
Czógler Alajos, 46, 53
Czuczor Gergely, 46
Czuczor Gergely Bencés Gimnázium, 46

Cs

Csada Imre, 53, 303, 311
Csákány Antalné, 52, 53, 244, 274, 280, 286, 290, 295, 300
Csang Heng, 81
Csapó Benő, 17, 35, 178, 233
Cseh Géza, 53
Csekő Árpád, 49, 53, 311
Csekő-féle láda, 49
Cseles Márton, 41
csoportmunka, 96, 208, 210, 215, 224, 225, 226, 227, 299

D

D'Alambert, Jean Le Rond, 71
Dalton, John, 73, 273
Dancsházy, G., 311
Debrecen, 42, 43, 44, 45, 46
Decroly, Ovide, 27
Dede Miklós, 253, 257, 271
deduktív, 71, 105, 120, 123, 127, 129, 140, 143, 183, 184, 187
deLeeuw, N., 177
Demokritosz, 38, 147, 271
demonstrációs (tanári) kísérlet, 236
demonstrációs eszköz, 237
demonstrációs kísérlet, 51, 237, 238, 239, 241
Descartes, René, 71
Dewey, John, 27, 64
diagnosztikus teszt, 249
diagnosztikus vizsgálat, 248
Didactica Magna, 40
differenciálás, 18, 23, 48, 146, 191, 207, 211, 214, 215, 227, 231, 232, 260, 280, 300, 307
differenciálatlan fogalomegyüttes, 165, 166
differenciálatlan fogalomkör, 154
differenciális pedagógia, 18, 193, 201, 207, 210
Dimicsev, 309
DNS, 78, 93
Dobson, Ken, 67, 97
Dobson-egység, 93
Dodge, J.H., 97, 280
Dombi, B., 302, 311, 312
Domokos Lászlóné, 27
Driver, Rosalind, 150, 151, 157, 160, 169, 170, 171, 172, 174, 177
Dufay, Charles, 291
Duffy, T. M., 200, 233
Dufresne, R., 197
Duit, R., 157, 177, 178

E,É

Eger, 42, 46
Egri Tanárképző Főiskola, 50
egyiptomiak, 81
Ehrlich, S. M., 149
Eilan, N., 149
Einstein, Albert, 84, 95, 105, 115, 117, 146, 173, 274, 301, 302, 304
ellenőrző kísérlet, 113
előrejelzés, 33, 37, 84, 93, 114, 116, 121, 129, 133, 134, 183, 193, 205, 259, 266, 278
előzetes elképzelés, 16, 111, 132, 141, 143, 148, 182, 226, 252, 256, 275, 288, 298
előzetes ismeret, 157, 200, 219, 277, 309
előzetes tudás, 16, 19, 35, 131, 132, 144, 151, 189, 205, 207, 219, 245, 247, 250, 276, 296
ELTE Tanárképző Főiskolai Kar, 50, 52
ELTE Természettudományi Kar, 52
empirista, 25, 27, 30, 264, 269
empirista fizika szakmódszertan, 25
Eötvös József, 49
Eötvös Loránd, 46, 84, 85, 87, 305
Eötvös Loránd Tudományegyetem, 38, 41, 46, 48, 50, 51
Epikürosz, 272
Eratosztenész, 82
érettségi vizsga, 46
Erichson, C.W., 244
Erickson, G., 156, 172, 178
erőtér – mező, 14
eszköztudás, 72
Evangélikus Gimnázium, 48
evolúció, 33, 77, 102
experimentális fizika, 43
Eylon, B., 177
Eysenck, M. W., 121, 126, 148

F

Falus Iván, 199, 233
Falus, A., 131, 148
Faraday, Michael, 73, 86, 294
Fehér Márta, 102, 117
felfedezéses tanulás, 139
felfedeztetés, 30, 139, 142, 220, 278
felfedeztetéses tanítás, 30, 139, 140
felfedeztető, 30
felfedeztető oktatás, 29
félreértelmezés, 288, 295, 300
Feltovich, P. J., 197
Felvégi Emese, 36
Fényes Imre, 265, 271, 282, 290
Ferenczy Viktor, 46
Feyerabend, Paul, 104, 112, 117, 244
Feynman, Richard, 155, 156, 178

Fitzsimmons, S. J., 198
fizikai kísérletek, 71, 124, 131
fizikai mennyiség, 17, 72, 257, 260, 262, 263, 264, 265
Fizikai Szemle, 55
Fodor Erika, 290
fogalmi váltás, 133, 134, 141, 207, 268, 307
Fourier, Jean Baptiste, 71, 283
Francke, 40
Franklin, Benjamin, 292
Freinet, Celestin, 27
Friedmann, Alexander, 84
frontális, 208, 210, 219, 225, 230, 249, 299

G

Galilei, Galileo, 25, 38, 39, 43, 70, 71, 83, 85, 102, 107, 108, 111, 112, 115, 272, 282, 287, 291, 294
Galvani, Luigi, 75, 76, 293
Gamow, George, 40, 53, 280, 282, 290, 300
Ganiel, U., 177
Garami, K., 60, 97
Gáspár László, 62, 97
Gassendi, Pierre, 272
Gauss, Karl Friedlich, 71
Gay-Lussac, Louis Joseph, 273
Gecső Ervin, 16
Gelman, S. A., 149
Gentner, D., 198
George Gamow, 84
Gilbert, J. K., 171, 174, 179
Gilbert, William, 291
Glaser, R., 197
Glasersfeld, E., 31, 35, 120, 149
globális, 35, 55, 65, 89, 95, 185, 224
Goldsmith M., 309
gondolatkísérlet, 288, 307
Gonzalez, E. J., 35
Gore, Al, 89, 97
Görögország, 82
gőzgép, 40
Greguss, Gy., 97, 311
Guesne, E., 174, 178
Gulyás János, 263, 271, 312
Gunstone, R. F., 173, 178
Guzmics Izidor, 41

Gy

gyermekfizika, 153
gyermeki elképzelés, 16, 81, 127, 150, 151, 153, 157, 159, 162, 164, 166, 167, 169, 172, 174, 177, 203, 206, 213, 245, 286
gyermeki világkép, 100
gyermekontológia, 150
Győr, 42, 46, 50
Győrffy, J., 97, 311
Gyulai Lajosné, 286, 290

H

Haas, J. D, 233
Haas, J.D, 223
Habenicht Viktória, 53
Haber-Schaim, Uri, 66, 97, 280, 290
Hahn, Otto, 73
Halász Tibor, 51, 52, 53, 274, 280, 286, 290, 295
Hamburg, 45
Hanza T., 303, 311
Hardiman, P. T., 186, 197
Harel, I., 149
Hargitai, R., 97
Harris, D., 30, 35, 140, 149
Hatvani István, 45, 53
Havas Péter, 89, 97
Hawking, S.W., 84, 97
Hayes, J. R., 197
Heisenberg, Werner, 301
Heller Ágost, 59, 97, 311
Helmholtz, Herman, 284
Helmont, Jan Batiste, 272
helyi tanterv, 66, 88, 176, 246, 247
Hempel, Carl, 101, 105, 117, 244
Herneck, F., 309
Héron, 281
Herrmann, D. J., 186, 198
Herschel, William, 83
hét szabad művészet, 41
Hevelius-féle éggömb, 43, 44
Hevesy György, 74
hidrosztatikai mérleg, 47
Hind D., 177
Hinsley, D. A., 186, 197
hipotézis, 26, 101, 105, 111, 120, 130, 143, 176, 196, 226, 236, 274, 278, 287, 292, 301, 308
Hipparkhosz, 82
Hirschfeld, L. A., 149
Hobbs, E., 172, 178
Hobden, P., 181, 197
Hobson, Art, 69, 301
Holics László, 48, 53, 254, 255, 271, 295, 300
holisztikus, 103
Hollandia, 292
Hollman, 43
Honyek Gyula, 53, 271, 312
Hooke-féle mikroszkóp, 43
Hortobágyi Katalin, 229, 233
Horváth László, 97
Horváth Márton, 53
Hronszky Imre, 280
Humboldt, Alexander, 273
Hunyady Györgyné, 245, 252
Huszka, E-né, 311
Huygens, Christian, 71

I,Í

I. Nagy Lajos, 41
ifj. Csécsi János, 43
ifj. Zátonyi Sándor, 253, 271, 274, 280, 291, 295, 300, 304, 312
induktív, 19, 30, 100, 105, 139, 140, 142, 143, 267, 269
induktív – empirista, 100
induktív általánosítás, 117
Induktív felfedezés, 268
induktív következtetés, 27, 101, 105
induktív megismerési módszer, 101
induktív-empirikus, 26, 27, 105, 225
induktív-empirikus tudományfelfogás, 19
induktív-empirikus tudománykép, 30
induktív-empirista, 18, 121
induktív-empirista tudományfelfogás, 26

információfeldolgozás, 121, 122, 123, 125, 127, 134, 145
informatika, 65, 77, 114
Inhelder, Bärbel, 182, 197
integrált tantárgy, 62, 63
interdiszciplináris, 55, 96, 97, 289
intuíció, 101, 113, 143, 184, 187
Iskolai Tanszer Gyár, 51
ismeretátadás, 22, 119
Isza Sándor, 253, 257, 271

J

Jánossy Lajos, 48
Japán, 87
Jaszlinszky András, 43, 53
Jedlik Ányos, 27, 46, 49, 53, 58, 97
Jedlik Ányos Gimnázium, 48
Jedlik István, 46
Jeges Károly, 53, 311
jezsuita rend, 46
jezsuiták, 43
Jonassen, D. H, 233
Jones, A. T., 172, 178
Joule, James, 284
József Attila Tudományegyetem, 124
Juhász András, 244
Juhász Gyula Tanárképző Főiskola, 51
Jung, W., 177
Justinianus, 37

K

Kádárné Fülöp Judit, 246, 252
Káldi Tamás, 246, 252
Kant, Immanuel, 120
Karmiloff-Smith, Anett, 182, 197
Károlyházy Frigyes, 52, 53, 274, 280, 286, 290, 295, 300
Katz, G., 149
Kazinczy Ferenc, 41
Kazinczy-féle nyelvújítás, 44
Keane, M. T., 121, 126, 148
Kecskemét, 46
Kedves Ferenc, 97
Kekulé, Frederich, 101
Kelvin (William Thomson, 284
Kelly, D. L., 35
Kemény János, 115
képességpedagógia, 123
Kepler, Johannes, 38, 83, 108, 109, 110
kérdve kifejtés, 142, 143, 220
Kerekes Ferenc, 44
kerettanterv, 52, 64, 124, 147, 176, 246, 274, 304
Kerpelman, L. C., 198
Kerschensteiner, Georg, 27
Key, Ellen, 27, 35
Kilpatrick, J., 194, 195, 198
kínaiak, 81
Királyi Magyar Természettudományi Társulat, 46
kísérlet, 10, 19, 23, 25, 39, 46, 48, 61, 64, 65, 66, 100, 101, 111, 130, 140, 143, 183, 206, 220, 225, 226, 236, 239, 240, 243, 252, 256, 270, 272, 275, 278, 287, 292, 308
kísérletezés, 25, 26, 27, 29, 225, 226, 231, 232, 237, 242, 251, 278
kísérletgyűjtemény, 303
kísérleti bizonyítás, 285, 305
kísérleti ellenőrzés, 101
kísérleti eszköz, 26, 29, 44, 47, 49, 200, 232, 238, 242, 250, 298
kísérleti fizikaoktatás, 41
kísérleti fizikatanítás, 49
kísérleti igazolás, 273, 305
kísérleti módszer, 25
kísérleti tankönyv, 62
Klíma Világkonferencia, 92
Koestler, Arthúr, 108, 111, 117
kognitív, 120
kognitív erőfeszítés, 180
kognitív pszichológia, 120, 121, 122, 124, 125, 126, 180, 186
kognitív rendszer, 19, 120, 124, 131, 132, 133, 143
kognitív struktúra, 153
kognitív teljesítmény, 129, 181
kognitívizmus, 122, 123, 125, 126, 184
Komárom, 46
komplex, 62, 116, 123
komplex feldolgozás, 64
komplex téma, 64
Konceptuális váltás, 133
konstrukciós folyamat, 119, 131, 146, 150, 200, 213, 216, 226, 270, 276, 278, 297
konstruktivista pedagógia, 31, 33, 119, 131, 138, 147, 150, 162, 201, 206, 216, 220, 261
konstruktivizmus, 9, 31, 35, 119, 128, 132, 136, 140, 143, 147, 150, 182, 184, 188, 195
kontextusfüggő, 125, 126
koordináció, 85
Kopernikusz, Nikolaus, 38, 43, 82, 83, 85, 108
Korom Erzsébet, 172, 178
Kotek László, 290
Koumaras, P., 179
Kovács István, 48, 53
Kovács László, 280, 290, 311
kölcsönhatás, 10, 15, 20, 25, 31, 51, 55, 62, 65, 76, 93, 119, 144, 156, 158, 168, 169, 254, 257, 259, 262, 265, 268, 272, 273, 276, 281, 286, 288, 291, 293, 310
környezeti nevelés, 35, 88, 89
környezetvédelem, 55, 230
Közép-Amerika, 81
Középiskolai Matematikai Lapok, 48
Központi Pedagógiai Továbbképző Intézet, 50
kritikai megközelítés, 101, 112, 114
kritikus gondolkodásmód, 116
Krolopp Judit, 36
Kuhn, Thomas S., 20, 35, 102, 105, 106, 107, 117, 140, 244
kvalitatív elemzés, 72, 186, 189, 196
kvantitatív kísérlet, 240, 241
Kyotó, 92

L

laboratóriumi munka, 236
Lagrange, Joseph Louis, 71
Lakatos Imre, 103, 112, 117, 301
Laki János, 117, 244
Lange, 254
Lanouette, W., 309
Laplace, Pierre Simon, 71
Larkin, J. H., 186, 198
Lavoisier, Antonie Laurent, 104, 283
Leboutet-Barrell, L., 166, 178
légszivattyú, 43
Leibniz, Gottfried, 71

Leighton, R. B., 178
Lévay, E., 98, 311
Leyden, 45
Loschmidt, Joseph, 273
Lósy Schmidt Ede, 45

M

M. Nádasi Mária, 207, 233, 245, 252
Magyar Televízió, 51
Magyar Tudományos Akadémia, 48, 303
Makai Lajos, 53
Makay, I., 311
Makó Pál, 43, 53
Malaquias, I.M., 287, 291
Mari László, 98, 311
Mária Terézia, 41
Mariotte, Edmé, 76
Markovits Tibor, 271, 312
Martin, M. O, 35
Martinás Katalin, 282, 290
Marx György, 56, 74, 77, 90, 94, 95, 98, 114, 117, 204, 228, 233, 271, 309, 311
Maszudzsi, I., 309
matematikai formalizálás, 72, 125
matematikai leírás, 65, 71, 72, 262
Mathematikai és Physikai Társulat, 46
Matthews, M.R, 117
Maturana, H.R., 35
Mattyasovszky Kasszián, 302, 311, 312
Mauritius, 41
Max Planck, 301
Maxwell, James Clerk, 14, 294
Maxwell-démon, 77
Mayer, Julius Robert, 76, 284
McCarthy, R., 149
McDermott, J., 198
Mclldowie, 288, 290
megfigyelőképesség, 106
megoldás elemzése, 191
Meitner, Lise, 73
Meleghy Ferenc, 41
mentális operátorok, 184
mentő kísérlet, 169
Mestre, J. P., 181, 186, 197, 198
Mészáros István, 53, 64, 98
metakognitív tudás, 143, 184, 190, 195, 213
metakognitív tudásrendszer, 182
Mexikó, 87
Michelson-Morley féle kísérlet, 105
Mikes Kelemen, 39
Mikola Sándor, 27, 48, 53
Miskolc, 46
Miskolczi Józsefné, 280, 290, 295, 300
modell, 15, 20, 21, 32, 55, 62, 64, 65, 73, 78, 82, 87, 103, 108, 111, 121, 133, 134, 141, 148, 151, 159, 162, 165, 173, 207, 212, 218, 220, 226, 228, 242, 243, 259, 265, 266, 275, 276, 277, 278, 287, 295, 302, 306, 307, 310
modellalkotás, 62, 65
modellanyag, 289
Módos Tibor, 280
Molnár Györgyné, 290, 295, 300
Molnár János, 57, 98
Montessori, Maria, 27
Montpellier, 38
Moór Ágnes, 53
Morin-féle ejtőgép, 47
Mozaik Oktatási Stúdió, 52
MSZMP Központi Bizottsága, 50
Mullis, I. V. S., 17, 35
Mulloy, P. T, 230, 233
multimédia, 9, 243
Musschenbroek, Pieter, 53, 292
Müller Péter, 84, 98
München, 283

N

Nadrainé Horváth Katalin, 290
Nagy Attiláné, 290
Nagy János, 303, 311
Nagy Jánosné, 303, 311
Nagy József, 124, 149
Nagy László, 27
Nagy M., 302, 311, 312
Nagy Sándor, 38
Nagyszombat, 38, 44, 46
Nahalka István, 11, 29, 31, 35, 36, 65, 98, 117, 123, 139, 149, 233, 300, 312
naiv elmélet, 17, 141, 151, 152, 167, 251
NAT, 124, 147, 176, 246, 274
Nemesné Müller Márta, 27
Németh András, 27, 36
Németh Judit, 61, 98
Németh László, 60, 61, 98
Nemzeti Alaptanterv, 246, 304
nemzetközi érettségi, 194
Nemzetközi Fizikai Unió (IUPAP, 95
népiskola, 49
népiskolai oktatás, 60
Neumann János, 121
New York Times, 115
Newell, A., 184, 187, 198
Newton elmélet, 70, 134
Newton törvények, 253
Newton, Isaac, 16, 25, 38, 39, 70, 71, 84, 103, 106, 108, 115, 139, 152, 170, 173, 265, 273
newtoni fizika, 104, 173, 251, 301
Newtoni mechanika, 83
newtoni világkép, 70, 301
Nikolaev, 309
Nílus, 81, 113
Nobel díj, 74, 77, 105
normál tudomány, 140
Novick, S. E., 168, 178
Nuffield Alapítvány, 30
Nuffield Physics, 139
Nussbaum, Joseph, 168, 169, 178

O,Ó

Oakes, L. M., 130, 148
objektív, 33
objektivista felfogás, 119
OECD, 16
Oersted, Hans Christian, 293
Ohm, George Simon, 165, 294
ok-okozat, 55, 79
ok-okozati összefüggés, 130
ókori csillagászat, 82
oktatási kísérlet, 62, 303

Oktatási Minisztérium, 246, 252
Omar kalifa, 39
Onsager, 78
Organisations Entwurf, 46
Országos Pedagógiai Könyvtár és Múzeum, 50
Osborn, R. I., 171, 178
Osborn, R. J., 160
Ovcsinnyikov, V., 309
Oxford, 38
ózon, 88

Ö,Ő

ősanyag, 73
Öveges József, 27, 48, 50, 51, 53, 302, 303, 312

P

Paksi Atomerőmű Rt, 309
Palló Gábor, 105, 117
Pannonhalma, 41
Papert, S., 149
paradigma, 15, 20, 26, 33, 103, 107, 120, 121, 123, 124, 126, 133, 140, 143, 217, 218, 219
paradigmaváltás, 220
Parisi, L, 228, 234
Párizs, 38
Párkányi László, 48, 53, 244, 303
Parkhurst, Helen, 27
Pázmány Péter, 41
Pearson, J. V., 222, 224, 230, 234
Pécs, 38, 46
pedagógiai kísérlet, 196
Pedagógiai Múzeum, 50
Pennsylvania, 114
Penzias, 84
Peregrinusz, Petruss, 40
peripatetikus iskola, 38
Pest, 42, 46
Pestalozzi, J.H., 40, 54
Petersen, Peter, 27
Petőfi Sándor Gimnázium, 50
Pfundt, H., 170, 178
Piaget, Jean, 119, 120, 124, 129, 145, 149, 150, 166, 178
piarista rend, 50
Pintér Imréné, 290
PISA, 16
Planck, Max, 98
Platon, 108
Platón, 37, 82, 272
Pléh Csaba, 120, 121, 123, 126, 149, 184, 198
Polányi Mihály, 102, 104, 105, 107, 117, 244
polgári iskola, 49
Pólya György, 185, 190, 198
Poór István, 11, 54, 244
Popper, Karl, 101, 105, 112, 117, 144, 149, 244
Pósaházi János, 42, 43, 54
pozitivista, 122
pozitivizmus, 105
Pozsony, 43, 44, 46
Priesley, Joseph, 104
Prigogine, 78
problématér, 184, 185
Project 206, 66
projektmódszer, 64, 137
Proust, Joseph Louis, 273
Psillos, D., 165, 179
pszichikus operátor, 124
Ptolemaiosz, 82, 108
Ptolemaiosz, Claudiusz, 39
Pugwash Konferencia, 95
Pukánszky Béla, 27, 36
Purcell, S. E., 149
pütagoreusok, 37

Q

Quine, Willard, 102, 117, 244
Quinke-féle cső, 47

R

racionális rekonstrukció, 101
racionális tudomány, 112
Rácz Mihály, 53
radikális gondolkodási átalakulás, 133
radioaktív sugárzás, 85
Radnóti Katalin, 11, 74, 75, 87, 98, 280, 287, 290, 309, 312
Radó Polikárp, 46
Ratio Educationis, 41
reformpedagógia, 27, 29, 31, 64, 136, 137
reformpedagógiai mozgalmak, 27, 29, 136
Reichenbach, Hans, 101, 117, 244
Reviczky Antal, 43, 54
Rhoneck, C., 177, 179
Riemann, Georg, 71
Rio De Janeiró, 92
Roiti, Antonio, 46, 54
Róka András, 75, 98
rómaiak, 82
Romer Flóris, 46
Rónay Jácint, 46
Roosevelt, 95
Ropolyi László, 282, 290
Rózsa Csaba, 36
Röntgen, Wilhelm Konrad, 77
Rubik-kocka, 185
Rumford, Benjamin, 283
Rushworth, P., 178
Rutherford, Ernest, 74, 302

S

Sain Márton, 71, 98, 280
Salamon Zoltán, 62, 98
Samarapungavan, A., 150, 177
San Franciscó, 87
Sándor J., 311
Sands, M., 178
Sarkadi Ildikó, 290
Sárospatak, 42, 43, 44, 46
Sárospataki Kollégium, 42
Sárvári Pál, 44
Sas Elemér, 51
savas eső, 88
Schetter Károly, 41
Schiller Róbert, 73, 98, 280, 283, 290
Schirkhuber Móricz, 58, 98
Schmidt, Á., 99, 312
Schoenfeld, A. H., 186, 198

Schrödinger, Ervin, 15, 74, 77, 99, 301, 303
Sebestyén Dorottya, 98
Sebestyén Zoltán, 295, 300
Seebeeck, Thomas Johann, 76
segítő háromszögek, 72
Sennert, Daniel, 272
Séré, Maria, 166, 167, 179
Sexl, R.U., 157, 178
Shipstone, D., 179
Shipstone, D. M., 179
Shipstone, D.M., 160, 161, 162, 163
Silver, F. A., 198
Simon, D. P., 198
Simon, H. A., 184, 197, 198
Simonyi Károly, 40, 54, 81, 108, 109, 117, 118, 171, 179, 280, 290, 300
Sklodowska, Marie, 73
Slotta, J. D., 177
Smith, T. A., 35
Solomon, J., 157, 179
Sopron, 46
Spelke, E. S., 130, 149
Staniv, G. M., 194, 198
Steiner, Rudolf, 27, 29
Stevens, A. L., 198
STS, 34
Studium Generale, 41
Stulz, P., 309
Sulinet, 66

Sz

Szabó Árpád, 54, 99
szakmunkásképzés, 64
Szalay Balázs, 36
Szalóki Dezső, 271, 312
számoszi Arisztarkhosz, 82
Szántó Lajos, 280, 290
Szarvas, 46
Szatmáry Mihály, 42
Szeged, 46
személyiségfejlesztés, 30
szemléltetés, 26, 33, 40, 119, 235, 242, 243, 269
szemléltető eszköz, 235
szemléltető eszközök, 25, 235, 243
Szent Márton hegy, 41
Szijártó József, 295, 300
Szilágyi Erzsébet Gimnázium, 50
Szilágyi Márton, 43
Szilárd Leó, 73, 74, 77, 95, 309
Szimnő, 46
Szokratész, 37
Szombathely, 46
Szovjetunió, 95
Szürakuza, 37

T

Tamás Gy., 303
Tanácsköztársaság, 48
tanári kísérlet, 106
tantárgyösszevonás, 60
tanterv, 9, 11, 12, 15, 18, 28, 29, 40, 48, 50, 56, 60, 62, 65, 96, 123, 128, 133, 137, 139, 144, 147, 203, 204, 216, 231, 245, 246, 274, 286, 288, 303
tanulási környezet, 11, 146, 199, 204, 208, 213
tanulói kísérletezés, 28, 29, 31, 49, 50, 236
tanulói tevékenység, 64, 96, 124
tapasztalat, 24
társadalomorientált oktatás, 35
Tasnádi Péterné, 53
Tata, 50
Taylor, M., 30, 35, 140, 149
Teller Ede, 74, 309
Természettudományi Múzeum, 47
természettudományos megismerési módszer, 65
tevékenység, 10, 19, 28, 29, 30, 64, 67, 69, 137, 138, 139, 142, 181, 193, 212, 213, 225, 229, 245, 252, 299, 300, 310
tévhit, 152, 174
tévképzet, 248
Thomaz, M.F., 287, 291
Thomson, Joseph John, 73
Three Mile Island, 114
Tiberghien, A., 163, 178, 179
TIMSS, 17
Toldy Ferenc, 46
Tomcsányi Ádám, 57, 99
Tomcsányi Péter, 53, 304, 312
Torricelli, Evangelista, 272
Tóth Eszter, 290, 303, 312
Tölgyessy György, 309
Török Ferenc, 290
Trumper, R., 157, 179
tudásállapotok, 184

U,Ú

Urbánfy Istvánné, 290
USA, 95
Utrecht, 45

Ü,Ű

üvegházhatás, 88

V

Vác, 46
Valente, M.C., 287, 291
Van de Walle, G.A., 130, 149
Varga Antal, 53, 271, 312
Varga Imréné, 290
Varga Márton, 57, 99
Vári Péter, 16, 36
Vaszary Kolos, 46
Veidner János, 54, 244
Vekerdi László, 83, 99, 118
Vermes Miklós, 27, 48, 49, 54
Vico, Giambattista, 120
világegyetem, 84
Volta, Alessandro, 45, 76, 293
Volterra, 78
von Rhoneck, C., 165

W

Wagner Éva, 11, 233
Waldorf pedagógia, 29
Waldorf-módszer, 199

Walter, J.A., 97, 280
Washington, 115
Watson, James, 78, 99
Watts, D.M., 171, 174, 179
White, R. T., 173, 178
Wigner Jenő, 74
Wilensky, U., 144, 149
Wilson, 84
Wirth Lajos, 54
Wood-Robinson, V., 178

Y

Young, Thomas, 76

Z

Z. Orbán Erzsébet, 286, 291
Zátonyi Sándor, 54, 99, 244, 253, 271, 274, 280, 286, 291, 295, 300, 304, 312
Zeley László, 309
Zemplén Jolán, 39, 53, 99
Zürich, 45

Zs

Zsigri Ferenc, 53
Zsolnai-módszer, 199