**Kísérletek másképp[[1]](#footnote-1)**

*Újszerű feladatok a fizika tanításához megoldási ötletekkel és megjegyzésekkel*

Tartalom

[Bevezetés 1](#_Toc514924932)

[Hőtani kísérletek 4](#_Toc514924933)

[A hőtágulás jelenségének vizsgálata a különböző halmazállapotok esetében 4](#_Toc514924934)

[Az energiaterjedés módjainak vizsgálata 7](#_Toc514924935)

[A termikus kölcsönhatás vizsgálata 10](#_Toc514924936)

[Az olvadás vizsgálata 16](#_Toc514924937)

[A forrás vizsgálata 17](#_Toc514924938)

[A párolgás sebességének különböző tényezőktől való függésének vizsgálata 18](#_Toc514924939)

[A borszeszégő teljesítményének és melegítése hatásfokának meghatározása 19](#_Toc514924940)

[Mechanikai kísérletek 25](#_Toc514924941)

[A szabadon eső test gyorsulása 25](#_Toc514924942)

[A felhajtóerő vizsgálata 26](#_Toc514924943)

[Súrlódás(Adorjánné Farkas Magdolna) 28](#_Toc514924944)

[A közegellenállás vizsgálata 36](#_Toc514924945)

[Rugalmas testek vizsgálata 40](#_Toc514924946)

[Elektromos mérések 43](#_Toc514924947)

[Tanulói tévképzetek az elektromos jelenségekkel kapcsolatban, a fogalmi fejlődés egy lehetséges útja 43](#_Toc514924948)

[Áramerősség mérése soros kapcsolás esetében 44](#_Toc514924949)

[Az áramerősség és a feszültség fogalmak differenciálása 45](#_Toc514924950)

[Ohm törvénye 46](#_Toc514924951)

[Oersted kísérlet, az áram mágneses terének felfedezése 49](#_Toc514924952)

[Milyen erős az elektromágnes? 50](#_Toc514924953)

[Az elektromágneses indukció felfedezése 53](#_Toc514924954)

## Bevezetés

Napjainkban *kutatás alapú társadalomban* élünk, melyre fel kell készíteni diákjainkat. Számtalan a legkülönbözőbb témákról szóló kutatással kapcsolatos hír lát napvilágot a sajtóban, TV-ben, rációban. Sokszor egy-egy termék reklámozása esetében is a fejlesztést kutatási folyamat eredményeként állítják be. Ezeket kritikával kell kezelni! El kell tudni dönteni, hogy az ténylegesen kutatás lehetett-e? Kérdéseket kell tudni megfogalmazni a kutatással kapcsolatban.

Nem új kísérleteket találtunk ki, hanem elsősorban a meglévőket használtuk fel, de azokat újszerű, kutatás alapú szemlélettel igyekeztünk feldolgozni, illetve ilyen feldolgozásmódokat javasolni a kollegák számára.

A kísérletes feladatok megfogalmazásakor arra törekedtünk, hogy minél inkább bevonjuk a tanulókat a teljes megismerési folyamatba. Célkitűzésünk a tanulók gondolkodásának a fejlesztése, melynek egyik eleme a kutatási készségek fejlesztése.

Ezért szándékosan nem kész recepteket írtunk. Sőt, magát a vizsgálandó kérdés megfogalmazását is a tanulóktól várjuk el. Fontos gondolkodásfejlesztő elem a hipotézisalkotás, majd annak alapján a vizsgálat tényleges megtervezése, mit mivel, hogyan fognak mérni, miként fogják az adatokat rögzítni.

Ne adjuk meg előre a mérési adatokat rögzítő táblázatot sem. Az is fontos gondolkodási folyamat, hogy a tanulók átgondolják, miként is célszerű azt megalkotni. A jegyzőkönyvek szerkezetét is önállóan alkossák meg a tanulók. A következtetések levonása, a hipotézisekkel való összevetés is fontos elem. A végső összegzéseket is sokszor célszerű táblázatba foglaltatni a tanulókkal.

Természetesen az első mérések esetében több tanári segítségre, elsősorban segítő kérdésekre, van szükség, de célkitűzés az, hogy a tanulók minél önállóbbá váljanak.

Az egyes témákhoz több olyan mérést is leírunk, melyeket kifejezetten differenciált feladatnak gondolunk. Ezeket esetleg néhány tanuló el is végezheti, melyekről beszámolnak az osztálynak. De ha csak megbeszélik, az is nagyon hasznos! Mindenképpen térjenek ki a jelenség fontosságára, és a mérési lehetőségeket, vagy annak minél több elemét maguk a tanulók alkossák meg.

Minden mérésnél kell a beszélni a lehetséges mérési hibákról. Az adott mérés esetében milyen pontosan tudunk, és milyen pontosan érdemes egyáltalán egy mennyiséget megmérni? És hány tizedes jegyig érdemes számolni?

Fontos elem a *kísérletezéssel* kapcsolatban, különösen a *mérőkísérletek* esetében, hogy több jellemző vizsgálata esetében *egyszerre csak egyet változtassanak* meg a diákok.

Lehetőleg több mérés végezzenek egy adott elrendezésben. A tudományos vizsgálatok esetében fontos a megismételhetőség.

Továbbá minden esetben érdemes beszélni a mérési hibákról. Ha a diákok többször végeznek el egy-egy mérést, akkor nem teljesen azonos eredményeket kapnak.

* Egyáltalán mennyire pontosan lehet mérni az adott műszerrel?
* Mennyire pontosan lehet, érdemes megadni az egyes számított mennyiségeket? Hány „tizedesig” számoljanak?
* Próbálják megbecsülni a mérés hibáját!

Alakuljon ki a diákokban az a szemlélet, hogy *a világot a mérések során ismerjük meg*! A fizikaórán ténylegesen nem csak fizikát tanítunk, hanem egy általános természettudományos szemléletet, racionális gondolkodásmódot kívánunk elsajátítatni a diákokkal.

Fontosnak tartjuk azt is, hogy a diákok a hagyományos kísérletezés eszközei mellett minél gyakrabban alkalmazzák az ismeretszerzéshez a különböző IKT eszközöket. Több mérés leírásánál javasoljuk, hogy készítsenek fényképeket, videó felvételeket, melyeket a kiértékeléshez, az adatok pontosabb leolvasásához is felhasználhatnak. Javasolunk internetes keresési feladatokat is az egyes témákban való elmélyedéshez, szélesebb körű megismeréséhez, differenciált fejlesztéshez. Az elkészült fényképek, videofelvételek elhelyezhetők akár egy *közös felületen*, melyekből váltogatva az adott tananyagrész összefoglalásához is fel lehet használni elemeket.

A diákok készíthetnek *prezentációkat*. Több esetben javasoljuk, hogy egy-egy témakör feldolgozása differenciált csoportmunka keretében valósuljon meg. A különböző tényezőktől faló függést más-más csoport vizsgálja, melyekről beszámolnak társaiknak. Például milyen tényezőktől függ, illetve nem függ a súrlódási erő, az elektromágnes emelőereje stb. Ez a módszer kicsit hasonlatos ahhoz, ahogy egy kutatócsoport vizsgál egy témakört, és az abban résztvevő kisebb csoportok az egyes altémák felelősei.

Amennyiben grafikont készítenek a tanulók, azt lehetőleg Excel program segítségével tegyék. Gondolják át a tengelyeken lévő mértékegységeket, a tengelyek feliratozását, és minden ábrának, grafikonnak legyen címe. Próbáljanak meg függvényeket is illeszteni és azok jóságát is vizsgálni az R2 segítségével. Fontos, hogy a természet leírására ténylegesen függvénykapcsolatokat fogalmazunk meg. A tanulók ne egyszerűen „képleteket” lássanak ezekben, melyekbe „be lehet helyettesíteni”!

A kísérletek lebonyolításának *algoritmusa*:

* Problémafelvetés.
* A diákok csoportmunkában konkretizálják a problémát.
* A diákok megtervezik a kísérletet. Hipotéziseket fogalmaznak meg a kísérlet várható lefolyásával kapcsolatban.
* Amennyiben a tanár engedélyt ad rá, a diákok elvégzik a kísérletet/a tanár elvégzi a kísérletet.
* Rögzítik a tapasztalatokat.
* A diákok, szükség szerinti tanári segítséggel levonják a következtetéseket. Összevetik a tapasztalatokat a hipotézissel.

A fenti lépéseket érdemes minden esetben rögzíteni is, akár mérési jegyzőkönyv formájában. Továbbá célszerű a tanulói beszámolók alkalmával *reflektív* módon visszatekinteni a vizsgálatok során felmerült nehézségekre és azok megoldására is.

Több országban elterjedt gyakorlat, napjaink szakmódszertani fejlesztéseinek egyik meghatározó eleme a természettudományos nevelésben a kutatás alapú természettudomány-tanítás koncepciója. A módszer lényege az, hogy a kutatás képezi a természettudományos nevelés alapját, irányítja a tanulói tevékenységek megszervezésének és kiválasztásának alapelveit. A *kutatás alapú tanulás/tanítás* (angolul Inquiry-Based Learning, IBL) olyan módszer, amely biztosítja, hogy a tanulók ténylegesen átéljék a tudásalkotás folyamatait, minél jobban lássák az ismeretszerzés teljes menetét, legyenek annak aktív részesei.

A kutatás alapú tanulás esetében a tananyag feldolgozásának menete:

* problémák keresése, kutatásra érdemes kérdések megfogalmazása,
* hipotézisek megfogalmazása,
* különböző alternatív magyarázatok megalkotása és elemzése,
* kutatások tervezése, vezetése,
* megfelelő eszközök és technikák használata az adatok gyűjtéséhez,
* az adatok elemzése,
* a természettudományos érvek/indokok közlése.

A fentebb leírt, a kísérletek feldolgozásához ajánlott algoritmus tulajdonképpen e módszer egyes elemeit ajánlja. Jelen írás egyik fontos célkitűzése annak bemutatása, hogy ezt a módszert miképp lehet bevinni *a napi tanórai gyakorlatba, a kötelező tananyag feldolgozása során*.

## Hőtani kísérletek

### A hőtágulás jelenségének vizsgálata a különböző halmazállapotok esetében

**Bevezető kérdések**

* Bizonyára észrevettétek, hogy nyáron a távvezetékek megnyúlnak, télen pedig csökken a hosszuk. Mi lehet ennek az oka?
* Az edényeket nem lehet színültig tölteni. Például ha benzint kannában tárolunk, akkor azt nem szabad színültig tölteni. Vajon miért?
* A szprés dobozokat, mint napolaj, dezodor stb. nem szabad a tűző napra tenni. Vajon miért?
* Keressetek még hasonló jelenségeket!
* Mit gondoltok, hogy az anyagok mely halmazállapotában milyen mértékű lehet a hőtágulás? Melyik esetben lehet a legnagyobb és mikor a legkisebb?
* Próbáljatok előrejelzéseket megfogalmazni a részecskemodell felhasználásával!
* Hogyan, milyen kísérletek elvégzésével lehetne a kérdést eldönteni?

**Szilárd testek hőtágulása**

A jelenség vizsgálatához a következő eszközök állnak rendelkezésre: rézgolyó és rézkarika páros, borszeszégő, emeltyűs pirométer három különböző anyagú rúddal, mint vas, acél és réz.

* Mit gondoltok, milyen eseteket lenne célszerű vizsgálni a rézgolyó és a rézkarika párossal?
* Írjátok le, hogy az egyes esetekben milyen tapasztalatra számítotok!
* Az történt, amit vártatok?

Az emeltyűs pirométerrel a szilárd anyagok úgynevezett hosszanti, vagy idegen szóval lineáris hőtágulása vizsgálható.

* Mit gondoltok, hogyan változik az egyes anyagok hőtágulása, ha egyre hosszabb ideig melegítjük?
* Az történt, amit vártatok?
* Mit gondoltok, azonos ideig tartó melegítés esetében melyik anyag nyúlik meg legjobban?
* Az történt, amit vártatok?
* Gondoljátok meg, hogy a fenti kísérlettel az azonos idejű melegítés hatására azonos lesz a három különböző anyagú rúd hőmérséklete?

Az alábbi táblázatban az adott anyagból készült egy 1 méter hosszúságú rudak hosszváltozása található 100 °C hőmérsékletemelkedés hatására.

|  |  |
| --- | --- |
| **Anyag** | **Hosszváltozás 100 °C hőmérséklet-emelkedés hatására (mm)** |
| alumínium | 2,4 |
| beton | 1,2 |
| ezüst | 1,9 |
| gyémánt | 0,1 |
| ólom | 2,4 |
| réz | 1,7 |
| vas | 1,2 |

* A táblázat adatainak felhasználásával magyarázzátok meg, hogy miért célszerű a vasbeton alkalmazása a házépítésben!
* Sokszor előfordul, hogy az üvegdugó beszorul az az üvegbe, és ki szeretnénk nyitni. Ekkor segít, ha rövid ideig meleg vízzel vesszük körül az üveg nyakát. Miért lehet ez jó módszer?
* Nézzetek utána, hogy mi az ikerfém? Mire használják?

**Folyadékok hőtágulása**

A jelenség vizsgálatához a következő eszközök állnak rendelkezésre: kémcsövek, fúrt dugók, vékony üvegcsövek, nagy méretű főzőpohár, csapvíz, meleg víz, alkohol (borszesz).

* Mit gondoltok, változik-e a folyadékok térfogata a hőmérsékletük változásával?
* Hogyan lehetne megnézni, hogy a melegítés, vagy hűtés során változik-e a folyadékok térfogata? Tervezzetek erre kísérletet!

A kísérleti eszköz rajza:

* Mit vártok, mi fog történni, mi lesz a tapasztalat?
* Az történt, amit vártatok?
* Szerintetek minden folyadék hőtágulása azonos mértékű, vagy függ az anyagi minőségtől? Tervezzetek erre kísérletet!

A kísérleti eszköz rajza:

* Mit vártok, mi fog történni, mi lesz a tapasztalat?
* Az történt, amit vártatok?
* Mit tudtok mondani a szilárd és a folyadékok hőtágulásáról, melyik lehet a nagyobb mértékű? Miért?

Az alábbi táblázatban a folyadékok hőtágulása 1 liter térfogatú anyagok esetében van megadva, hogy hány ml-rel növekszik a térfogat 10 °C hőmérsékletemelkedés hatására.

|  |  |
| --- | --- |
| **Anyag** | **Térfogatváltozás 10 °C hőmérséklet-**  **emelkedés hatására (ml)** |
| alkohol | 11 |
| benzin | 10 |
| víz | 1 |
| higany | 2 |

* A folyadékok hőmérőkben festett alkoholt, vagy régebben higanyt alkalmaztak. A víz miért nem jöhetett szóba? Miért különleges anyag a víz a hőtágulás szempontjából is?
* Hasonlítsátok össze, hogyan működik a hőmérő és a lázmérő!

**Gázok hőtágulása**

A jelenség vizsgálatához a következő eszközök állnak rendelkezésre: üvegkád, festett víz, nagy méretű lombik, borszeszégő, lufi, befőttes gumi, hideg és meleg víz, esetleg jégkocák, hűtőszekrény.

* Mit gondoltok, változik-e a gázok térfogata a hőmérsékletük változásával?
* Hogyan lehetne megnézni, hogy a melegítés, vagy hűtés során változik-e a gázok térfogata? Tervezzetek erre kísérletet!

A kísérleti eszköz rajza:

* Mit vártok, mi fog történni, mi lesz a tapasztalat?
* Az történt, amit vártatok?
* Szerintetek minden gáz hőtágulása azonos mértékű, vagy az függ az anyagi minőségtől?

**Módszertani meggondolások**

Az anyag részecskeképével jól magyarázható a hőtágulás jelensége mindhárom halmazállapotban. A melegebb környezetben a részecskék élénkebben mozognak, és ez magyarázza azt, hogy nagyobb a részecskék helyigénye. A jelenség magyarázatára kiváló hasonlat például az, hogy amikor futkároznak a gyerekek a testnevelés órán, nagyobb teremre van szükségük, a tornaterem mindig nagyobb, mint az osztályterem. A diákok is kereshetnek hasonló látványos magyarázatokat, mely fejleszti az *analógiás gondolkodást*.

Azért is fontos a különböző analógiák kerestetése a diákokkal, mivel sok esetben fedezhető fel egy olyan tanulói elképzelés, amely szerint a hőtágulásnak az az oka, hogy megnő a részecskék mérete. Ez a részecskeképnek ténylegesen nem mond ellent, abból akár következhet is, de itt nem ez a helyzet. Amennyiben megjelenik ez az elképzelés, mindenképpen dicsérjék meg a tanulót, hiszen jól gondolkodott, valóban van olyan eset, nevezetesen az elektronállapotok gerjesztődésekor, amikor ténylegesen megnő a részecskék mérete. A beszélgetés során rá lehet térni arra, hogy mit gondolnak a tanulók, mely halmazállapotban milyen mértékű lehet a hőtágulás. Melyik esetben lehet a legnagyobb és mikor a legkisebb? Ennyi elméleti meggondolás után célszerű rátérni a tényleges halmazállapotonkénti vizsgálódásokra.

A tanulók a témakör tanulása során láthatják, hogy egy modell (mely az analógia egyik fajtája) alkalmazásával miként lehet különböző jelenségeket megmagyarázni. A téma kifejezetten alkalmas a *kutatási készségek* fejlesztésére. A diákok az anyag részecskemodelljének felhasználásával képesek hipotéziseket alkotni, azok alapján sokféle kísérletet megtervezni, majd azok tényleges elvégzése után megállapításokat tenni, hogy az vagy alátámasztja az előzetes várakozásokat, vagy nem.

Az anyag három halmazállapotának hőtágulását vizsgálva azok mértékét célszerű *összehasonlítani*, így ez a gondolkodási képesség is fejlődik a téma feldolgozása során.

A témakör feldolgozásához sok példa hozható a mindennapi életből is (hidak, vasúti sín, gázvezeték stb.), amelyek érdekessé tehetik a témakör tanulását, motiválhatják a tanulókat.

A feladatlapokon sok kísérlet elvégzését javasoljuk. Azonban több esetben ezekhez nyílt lángot kell használni. A borszeszégő esetében a kísérleteket esetleg végezhetik a diákok, amennyiben a tanár úgy látja, hogy tudnak fegyelmezetten és balesetmentesen dolgozni. De az emeltyűs piromáter mindenképpen csak tanári kísérlet legyen. Ellenben a diákok ebben az esetben is aktívan részt tudnak venni az ismeretszerzésben, hiszen hipotéziseket fogalmazhatnak meg.

Javasoljuk, hogy a diákok minél több fényképet készítsenek a kísérletekről. Esetleg videó felvételeket is. Ezt valószínűleg szívesen meg is csinálják, hiszen a legtöbbjük kezében már ott van az okostelefon, melyet így a fizikatanulás szolgálatába állítanak.

A *szilárd* testek hőtágulásának közös feldolgozását követően a folyadékok és a gázok hőtágulásának feldolgozásához már sokkal nagyobb önállóságot kapnak a diákok.

A *folyadékok* esetében először csak a víz hőtágulását vizsgálják a diákok. Például úgy, hogy a kémcsővet teletöltik vízzel, és beleteszik a fúrt dugót a vékony üvegcsővel. Majd hideg, illetve meleg vizet csurgatnak a kémcsőre és figyelik az üvegcsőben a vízszint alakulását. Majd ugyanezt megismétlik alkohollal.

Az anyagi minőségtől való függés úgy is tanulmányozható, ha a két, az előbb elkészített kémcsövet beleteszik a nagy méretű főzőpohárba, és azt teletöltik hideg, illetve meleg vízzel.

A *gázok* hőtágulásának vizsgálatához gyakorlatilag csak a levegő jöhet szóba. Több féle kísérlet is elképzelhető. Esetleg célszerű is, ha az egyes csoportok különbözőeket csinálnak meg.

* Tegyünk festett (pl. réz-szulfáttal) vizet egy nagy üvegkádba, amibe a széléről belelóg egy hosszú nyakú lombik szája! Melegítsük kezünkkel vagy esetleg borszeszégő lángjával a lombikban lévő levegőt! Ahogy a levegő kitágul, buborékok fognak távozni a lombikból. Le is hűthetjük a lombikban maradt levegőt. Öntsünk óvatosan kevés hideg vizet a lombikra! Tapasztaljuk, hogy az összehúzódó levegő helyére ebben az esetben víz áramlik be.
* Részben felfújt lufit meleg víz alá tartanak, melynek hatására felfúvódik. Hűtőszekrénybe, vagy jégkockák közé téve viszont összehúzódik.
* Illetve sok egyéb egyszerű kísérleti leírás található a témával kapcsolatban.

Fontos, hogy a diákok minél nagyobb mértékben saját maguk próbáljanak megtervezni valamilyen kísérletet, ne a tanár adja azt oda, mintegy recept szerűen, hogy mit is csináljanak a gyerekek. Csak kérdéseivel segítse elő a tervezést.

A kísérletsorozat végén célszerű visszatérni a kiindulási kérdések megválaszolására. Hasonlítsák össze a tanulók várakozásaikat a kapott eredményekkel. Vonják le a következtetéseiket.

### Az energiaterjedés módjainak vizsgálata

* Miért kellemetlen érzés télen egy fémkorlátot megfogni?
* Miért volt jó a rómaiak által használt padlófűtés?
* Hogyan jut el a Nap melege a Földre?

Bevezető kérdések

* Mit gondoltok, a felsorolt különböző esetekben hogyan terjedhet az energia az egyik testről a másikra?
* Milyen halmazállapotokban lehet az anyag?
* Hogyan képzelitek el a különböző halmazállapotokban lévő anyagokat?
* Hogyan helyezkednek el az anyagot felépítő részecskék a különböző halmazállapotokban?
* Gondoljátok meg, hogy a különböző halmazállapotokban lévő anyagban miként terjedhet az energia? Van-e más módja is az energiaterjedésnek?

**Hővezetés**

* Hűvös időben kirándultok, és mivel elfáradtatok le szeretnétek ülni. Egy fa és egy kőpad van a közelben. Melyikre ülnétek le?
* Miért jó a réteges öltözködés?
* Az ablakok általában két üvegtáblát tartalmaznak. Mit gondoltok, miért?
* Főzéskor az étel kavarásához inkább fakanalat használunk és nem pedig fémkanalat. Mi lehet ennek az oka?
* *Milyen összefüggésben lehetnek a fapad és a kőpad, a réteges öltözködés, a dupla üvegablakok, a termosz és a fakanál a fémkanál helyett?*

1. Hogyan jut el az energia a meleg levesből oda, ahol a fémkanalat megfogjuk?

* Milyen halmazállapotban vannak a fémek?
* Hogyan képzelitek el a szilárd halmazállapotban lévő anyagot?
* Mi történhet az egyes részecskékkel, ha növekszik az energiájuk?
* Hogyan lehet a részecskék energiáját növelni?
* A részecskék át tudják adni energiájukat további részecskéknek?

**Vizsgáljátok meg a kérdést!**

A rendelkezésetekre álló eszközök és anyagok: fémrúd műanyag véggel, rajzszegek, gyertya, borszeszégő

* Tervezzétek meg a kísérletet! Rajzoljátok le! Majd fényképezzétek le a kísérletet!
* Ha egymástól egyenlő távolságban az égő gyertyáról lecsepegő viasz segítéségével rajzszeget helyeztek el a fémrúdra és elkezditek melegíteni, mit gondoltok, melyik fog először leesni?
* Mit vártok, milyen sorrendben fognak leesni a rajzszegek?

1. Végezzétek el az előbbi kísérletet más fémekkel is, mint például vas, réz!

* Mit gondoltok, melyik fémről fog leghamarabb leesni a viasszal odaerősített rajzszög, ha egyszerre melegítitek a fémrudakat?

1. Mit gondoltok, a víz inkább hővezető, vagy hőszigetelő?

A rendelkezésetekre álló eszközök és anyagok: víz, jégdarab, kémcső, borszeszégő

Tervezzetek kísérletet ennek vizsgálatára! Rajzoljátok le! Majd fényképezzétek le a kísérletet!

Játsszátok el, hogyan történik az anyagban a hővezetés!

Rajzoljátok le, hogyan történik az anyagban a hővezetés!

Csoportosítsátok az általatok ismert anyagokat hővezetésük alapján! Melyek kerülnek a jó hővezető és melyek a jó hőszigetelő csoportba?

Keressetek olyan példákat, amikor egyik vagy másik tulajdonság a fontos!

Válaszoljátok meg a bevezetőben feltett kérdéseket új tudásotok alapján!

**Hőáramlás**

* Milyen halmazállapotú anyagok esetében lehetséges az, hogy a részecskék áramlása útján terjedjen az energia?
* Játsszátok el, hogyan történik az anyagban a hőáramlás!
* Rajzoljátok le, hogyan történik az anyagban a hőáramlás!

Tervezzetek kísérletet a hőáramlás bemutatására!

A rendelkezésetekre álló eszközök és anyagok: víz, vasháromláb, nagy méretű lombik, hipermangán kristályok, borszeszégő

Rajzoljátok le a kísérleti elrendezést! Milyen tapasztalatot vártok?

Készítsetek fényképsorozatot a kísérletről!

Keressetek további kísérleteket a hőáramlás jelenségének bemutatására!

* Rendezzetek vitát arról, hogy miért lehet előnyös vagy hátrányos a padlófűtés!
  + Kik alkalmazták az ókorban ezt a lehetőséget?
  + Keressetek képeket ennek alátámasztásához az interneten, esetleg látogassatok is meg olyan kiállítást, ahol ez látható!
  + Hol lehetnek hazánkban ilyen kiállítások?

**Hősugárzás**

* Mit gondoltok, hogyan juthat el a Nap „melege” a Földre, hiszen az égitestek között szinte üres tér van?
* Meleg nyári napon, a sötét aszfalton sétálva sokkal melegebbnek érezzük a környezetet, mint a zöld füvön sétálva még árnyékban is. Mi lehet ennek az oka?

Tervezzetek kísérleteket a hősugárzás jelenségének bemutatására!

A rendelkezésetekre álló eszközök és anyagok: borszeszégő, szigetelőnyéllel ellátott fémlap, egyik oldalán bekormozott fémlap, nagy méretű lombik, nagy méretű kormozott lombik, üvegcsövek, fúrt dugók, üvegkádak, hőmérők, petricsészék, Bunsen állványok, szorítók, infralámpa, sötét és világos foltos takaró, vagy plüssállat, fehér papír, fekete papír, alufólia,

Rajzoljátok le a kísérleti elrendezést! Minden esetben fogalmazzátok meg, hogy milyen tapasztalatot vártok?

Készítsetek fényképeket a kísérletekről!

* A mindennapokban az is lehet cél, hogy egy tárgy erősebben felmelegedjen és az ellenkezője is. Gyűjtsetek olyan eszközöket, berendezéseket, technikai megoldásokat, ahol ezt a jelenséget valamelyik cél érdekében felhasználják!
* Nézzetek utána, hogy mit jelent az üvegházhatás, és mi köze van a hősugárzáshoz?
  + Hogyan melegszik fel a Föld a napsugárzás hatására?
  + Miként alakul át a napsugárzás, miután a felszínt felmelegítette?
  + Hogyan melegszik fel a légkör?
  + Milyen anyagokból áll a légkör? Melyik az az összetevő, melynek a felmelegedésben szerepe van?
  + Keressetek példákat a mindennapi életből az üvegházhatásra!

**Módszertani meggondolások**

Az energiaterjedés (vagy régies nevén hőterjedés) mechanizmusa többféle lehet, mint: hővezetés, hőáramlás és a hősugárzás. Mielőtt elkezdjük e téma feldolgozását a tanulókkal, célszerű beszélgetni velük arról, hogy az *anyag részecskemodelljét* használva, milyen energiaterjedési lehetőségeket tudnak elképzelni.

* A modell alapján kikövetkeztethető, hogy az egyik lehetőség az, hogy a részecskék nem vándorolnak el a helyükről. A hőmozgás élénksége az, ami szomszédról szomszédra terjed. Ez a *hővezetés* jelensége. Ez főként szilárd halmazállapotban lehetséges. De nem minden szilárd anyagra jellemző, hogy jó hővezető lenne.
* A másik esetben pedig a részecskék ténylegesen elvándorolnak, ami a *hőáramlás* jelensége. Ez csak gáz, vagy folyékony halmazállapotban lehetséges.
* A harmadik eset pedig a *hősugárzás*, melynek terjedéséhez nincs is szükség közegre. Ez az elektromágneses sugárzás egyik formája.

A kísérletek, az empirikus vizsgálódás megkezdése előtt célszerű a fenti lehetőségeket megbeszélni, melyhez a bevezető kérdéseket ajánlunk a munkalapon. A hővezetés tanulmányozásához részletesebb munkalapot készítettünk. A hőáramlás és a hősugárzás esetében viszont már nagyobb lehetőséget hagytunk a diákok fantáziájának. Javasoljuk, hogy a kísérletekről készüljenek fényképek, fényképsorozatok, esetleg videó felvételek, így azokat a diákok többször is megnézhetik.

A hőáramlás magyarázata ténylegesen a felhajtóerő ismeretét igényli. Mivel (4 °C felett) a víz, vagy bármilyen folyadék, illetve gáz a növekvő hőmérséklet hatására egyre jobban kitágul (hőtágulás), az melegítés helyén és a körül kisebb sűrűségű lesz, mint a környezetében lévő anyag, és e miatt a rá ható felhajtóerő nagyobb lesz, mint a nehézségi erő, így elkezd felfelé emelkedni. A felmelegedett folyadék/gáz helyére viszont hideg folyadék/gáz áramlik, amely ott szintén felmelegszik, kitágul és felemelkedik. A folyamat így állandósult körforgáshoz vezet. Technikai alkalmazásként a központi fűtést érdemes megemlíteni, a kazánt ezért helyezik el az épületek legalsó szintjén. De ezen az elven alapult a régi rómaiak padlófűtése is.

### A termikus kölcsönhatás vizsgálata

* Miként lehet a forró vízből langyosat készíteni?
* Hogy lehet a forró kávéból langyos tejeskávét készíteni?
* Írd le, hogy szerinted miként lehet az anyagokat lehűteni, illetve felmelegíteni?

…………………………………………………………………………………………….

* Ha összeöntünk 1 dl 20 °C-os és 1 dl 60 °C-os vizet, mekkora lesz a közös hőmérséklet?

…………………………………………………………………………………………….

* Miként lehet a hideg, illetve a melegebb test hőmérsékletének változását nyomon követni?

…………………………………………………………………………………………….

…………………………………………………………………………………………….

* Alkosd meg a mérési elrendezést! Rajzold, vagy fényképezd le!
* Milyen mennyiségeket kell mérni?

…………………………………………………………………………………………….

* Alkosd meg a mérési táblázatot!
* Írd le hipotéziseidet!
  + Mit gondolsz, mekkora lesz az egyensúlyi hőmérséklet?

…………………………………………………………………………………………….

* + Mit gondolsz, pillanatszerű lesz-e a folyamat?
* …………………………………………………………………………………………….
  + Mit vársz, milyen lesz a változás jellege?

…………………………………………………………………………………………….

* Készítsd el a mérés jegyzőkönyvét!

**Módszertani meggondolások**

Problémafelvetés

* Miként lehet a forró vízből langyosat készíteni?
* Hogy lehet a forró kávéból langyos tejeskávét készíteni?
* Miként lehet az anyagokat lehűteni, illetve felmelegíteni?

A diákok bizonyára számtalan lehetőséget sorolnak fel a fenti kérdésekre (tegyünk bele jégkockát, keverjük össze hideg vízzel, a forró kávéba hideg tejet tegyünk), melyek közül tanári segítséggel ki kell válogatni azokat, amelyek a termikus kölcsönhatáshoz, a hideg és meleg testek érintkezésekor beálló közös hőmérséklethez viszik közel a tanulókat. A lényeges momentum az, hogy *különböző hőmérsékletű testeket kell egymással érintkezésbe* hozni.

* Ha összeöntünk 1 dl 20 °C-os és 1 dl 60 °C-os vizet, mekkora lesz a közös hőmérséklet?

Azt gondolhatjuk, hogy a kérdés feltevése felesleges, hiszen nyilvánvaló, hogy 40 °C-os lesz a közös hőmérséklet. De nem biztos, hogy ez minden 7. osztályos gyerek számára az. Igaz, alsóbb évfolyamos gyerekek esetében, de előfordulnak olyan válaszok, hogy a gyerekek összeadják, vagy éppen kivonják a hőmérsékleteket, és nem pedig valamilyen köztes értéket várnak. Ez jellegzetes *tévképzet*, melynek oka az, hogy még nem differenciálódott ezeknek a gyerekek számára a hő és a hőmérséklet fogalma a hő fogalmától. Míg a hő összeadódó mennyiség, miként a tömeg, a térfogat, úgynevezett extenzív mennyiség, addig a hőmérséklet kiegyenlítődő mennyiség, úgynevezett intenzív állapotjelző. A tudomány történetében ez a folyamat a 17. században ment végbe, ekkor készültek el az első hőmérők.

Kutatási (kutatásra, vizsgálatra alkalmas) kérdés

* Miként lehet a hideg, illetve a melegebb test hőmérsékletének változását nyomon követni?

Majd a további segítő tanári kérdések:

* Hogyan lehet a problémát leegyszerűsíteni?
* Milyen mérési elrendezést lehet kitalálni?

Ekkor célszerű megbeszélni, hogy célszerű mondjuk hideg és meleg víz érintkezése során mérni mindkettő hőmérsékletét. De ezeket ne öntsük össze, hanem külön pohárban legyenek. De ne csak egymás mellett legyenek, hanem jobb, ha egymásban vannak, tehát kellene egy nagyobb és egy kisebb pohár.

Tehát ne adjuk oda a gyerekeknek tálcán kikészítve a szükséges eszközöket, hanem segítő tanári kérdések segítségével ők alkossák meg a mérési berendezést!

Ne kapják meg készen a diákok a mérési táblázatot és az ábrázoláshoz alkalmazható koordináta-rendszert sem, hanem azokat is ők alkossák meg a tanár segítő kérdései alapján. Vagyis a diákok aktívan vegyenek részt az ismeretszerzés teljes folyamatában, a probléma felvetése és a kutatási kérdés megfogalmazása után a mérési elrendezés megalkotásában, az adatok lejegyzésében, azok ábrázolásában és végül a következtetések levonásában. Ez a folyamat a *kutatási készségek* fejlesztését szolgálja.

* Mit/miket kellene mérni?
* Melyik edényben legyen a hidegebb és melyikben a melegebb víz?
* Mekkora legyen ezeknek a tömege?
* Hogyan lehetne az adatokat felvenni?
* Az adatok lejegyzéséhez milyen mérési táblázatot kellene kialakítani?
* Hogyan zajlik a tényleges mérés? Ki mit fog csinálni a csoportban?
* Hogyan lehetne grafikusan szemléltetni a közös hőmérséklet kialakulását?
  + Hány grafikont kellene ábrázolni?
  + Mit minek a függvényében kellene ábrázolni?
* Mit fogtok a függőleges és mit a vízszintes tengelyre felmérni?

Itt fontos azt tudatosítani a diákokban, hogy a koordináta-rendszerben ábrázolt egy-egy pont egy tényleges mérésnek felel meg.

* Hogyan célszerű a léptéket felvenni az egyes tengelyeken?
  + Milyen grafikont vártok? Várhatóan hogyan fog az kinézni?

Ebben az esetben az is fontos, hogy az várhatóan nem egyenes lesz, nem lineáris a függés. Ezt külön tudatosítani kell a diákokban. Először csak a pontokat ábrázolják, és a görbét csak később, a tisztázó beszélgetés után rajzolják meg. Beszéljék meg, hogy milyen grafikont vártak a gyerekek, mi volt a hipotézis, és ehhez képest milyet kaptak.

Következtetések levonása az adatok és a grafikon elemzése alapján.

* Ténylegesen mekkora lett a közös hőmérséklet?
* Ezt vártátok?
* Mi történt a meleg vízzel?
* Mi okozta a meleg víz hőmérsékletének csökkenését?
* Mi történt a hideg vízzel?
* Mi okozta a hideg víz hőmérsékletének növekedését?
* Tehát miként is lehet az anyagokat lehűteni, illetve felmelegíteni?

További kutató kérdéseket is fogalmazzanak meg a diákok, mint pl.

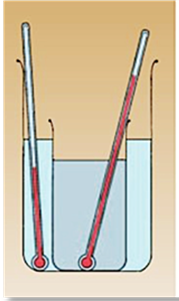
* + Milyen lehet a grafikon, ha nem a hideg vizes edénybe helyezzük a meleg vizes edényt, hanem fordítva?
  + Mi lehet a közös hőmérséklet, ha nem egyforma a hideg és meleg víz tömege?
  + Hogyan alakulhat a közös hőmérésklet, ha ugyan azonos tömegű, de különböző anyagú testek érintkeznek? Mondjuk a hidegebb vízbe azonos tömegű meleg olajat teszünk?

Példa tanulói jegyzőkönyvre

**Jegyzőkönyv**

A mérés célja: termikus kölcsönhatás vizsgálata.

A mérési berendezés



*A közös hőmérséklet kialakulásának vizsgálata (forrás:* <http://www.mozaweb.hu/Lecke-Termeszetismeret-Termeszetismeret_6-1_Kolcsonhatas_valtozas-105303>)

Hipotézisek:

* Köztes hőmérsékletet várunk az egyensúly beállta után, mely esetünkben körülbelül 35 °C lesz.
* Az egyensúlyi állapot bekövetkezése nem lesz pillanatszerű.
* Azt várjuk, hogy egyenletesen fog változni a hőmérséklet. Ezt úgy fogjuk látni, hogy a mérési adatokat ábrázoló pontokra a koordináta-rendszerben majd egyenes fektethető.

A mérés menete

1 dl 20 °C-os vizet tartalmazó főzőpohárba állítottunk 1 dl 50 °C-os vizet tartalmazó főzőpoharat. Mindkét főzőpohárba hőmérőt helyeztünk, melyeket fél percenként leolvastunk.

A mérési adatok

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| idő (perc) | 0 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 |
| meleg víz hőmérséklete (°C) | 50 | 45 | 42 | 40 | 38 | 36 | 35 | 35 | 35 |
| hideg víz hőmérséklete (°C) | 20 | 25 | 28 | 30 | 32 | 34 | 35 | 35 | 35 |

Következtetések

* A közös hőmérséklet a két hőmérséklet között volt, 35 °C-os lett mindkét víz, mely a későbbiek során nem változott, ahogy azt előzetesen gondoltuk.
* Ez az egyensúlyi állapot körülbelül 3 perc elteltével állt be, tehát nem pillanatszerűen, ahogy gondoltuk.
* A változás nem volt egyenletes. Az elején gyorsabb volt a hőmérséklet csökkenése, illetve növekedése. A mérési pontokra nem fektethető egyenes egyik esetben sem. Tehát ezt nem jól gondoltuk a mérés előtt.

A tanulók nem kapják meg előre a jegyzőkönyv tervezetét, azt is velük közösen kell kialakítani.

A grafikon készítése általánosságban történhet kockás papíron, ahol viszonylag egyszerű a koordináta-rendszert megalkotni, és abban a mérési pontokat elhelyezni. De a tanár bemutathatja az Excel táblázat használatával is. Illetve amennyiben vannak erre fogékony diákok, akkor ők differenciált feladatként próbálkozzanak meg az ábrázolással. És erre a továbbiakban is bíztassák őket a kollégák. Ebben az esetben is figyelni kell arra, hogy a tengelyeken legyen felirat, megfelelő legyen a lépték. Bátran alkalmazzanak színes jelöléseket is, hiszen azoknak jelentésük van, jelen esetben pirossal a melegebb, kékkel a hidegebb testet szokás jelölni, nem csak esztétikai szerepe van.

Az adatokat esetleg úgy is fel lehet venni, hogy a diákok egy elindított stoppert tesznek a poharak mellé és az így összeállított berendezést időnként lefényképezik. Persze úgy, hogy látszódjanak a fontos dolgok, mint az idő és a két hőmérséklet. Majd ezekről olvassák le az adatokat, és vezetik azokat táblázatba.

A téma feldolgozása így minden bizonnyal két órát (alkalmat) vesz igénybe. Az első órában a megbeszélés, a mérés előkészítése. Majd házi feladatként a jegyzőkönyv tervezet elkészítését lehet adni a hipotézisek átgondolásával és leírásával együtt. Végül a tényleges mérés, a grafikon elkészítése és a következtetések levonása. A téma általában a fizikatanulás elején szerepel. Ezért is érdemes kicsit többet foglalkozni magával a mérési és a kiértékelési folyamattal. Azonban az itt szerzett a későbbi tanulmányok során megtérülnek. A diákok egyre ügyesebbek lesznek a mérésekben, azok megtervezésében, a jegyzőkönyvek készítésében.

### Az olvadás vizsgálata

**Halmazállapot-változások**

Bevezető kérdések

* Az anyag milyen halmazállapotokban fordulhat elő?
* Miként képzelitek el az anyag különböző halmazállapotait az részecskekép segítségével?
* Mi történhet egy szilárd anyaggal, ha folyamatosan melegítjük?

**Olvadás**

* Mi történik az anyag hőmérsékletével olvadás közben? Mit gondoltok? Írjátok le!

**Vizsgáljátok meg a kérdést!**

A rendelkezésetekre álló eszközök és anyagok: főzőpohárban jégkása, hőmérő, stopper

* Milyen mennyiségeket fogtok *mérni*?
* Hogyan fogjátok az *adatokat lejegyezni*?
* Miként fog kinézni a *mérési táblázat*?
* Készítsetek grafikont a mérésről!
  + Milyen fizikai mennyiségek fognak szerepelni az egyes tengelyeken?
    - Mit gondoltok, hogyan fog kinézni a grafikon?
* Vessétek össze a tapasztalatokat az előzetes várakozásaitokkal!
  + Hány rész különíthető el a grafikonon?
  + Az egyes részek milyen jelenséghez tartoznak?
* Amikor elolvadt az összes jég, utána hogyan változott a hőmérséklete?
  + Ez hogy látszik a grafikonon?
* A jég megolvadását úgy is elősegíthetitek, hogy kezetekkel melegítitek a főzőpoharat a jéggel. Miért nem tudjátok ezt a módszert hosszú ideig alkalmazni?
  + Mi történik a jég olvadása közben a jég környezetével? Hogyan változik a hőmérséklete? Miért?
  + Tervezzetek vizsgálatot a fenti jelenségre?

**Fagyás**

* Mi történik az anyag hőmérsékletével fagyás közben? Mit gondoltok? Írjátok le!

**Vizsgáljátok meg a kérdést!**

A rendelkezésetekre álló eszközök és anyagok: kb. 50 °C-os folyékony szalol, csapvíz, főzőpoharak, hőmérők, stopper

* Milyen mennyiségeket fogtok *mérni*?
* Hogyan fogjátok az *adatokat lejegyezni*?
* Miként fog kinézni a *mérési táblázat*?
* Készítsetek grafikont a mérésről!
  + Milyen fizikai mennyiségek fognak szerepelni az egyes tengelyeken?
    - Mit gondoltok, hogyan fog kinézni a grafikon?
* Vessétek össze a tapasztalatokat az előzetes várakozásaitokkal!
  + Hány rész különíthető el a grafikonon?
  + Az egyes részek milyen jelenséghez tartoznak?
* Amikor megfagyott az összes szalol, utána hogyan változott a hőmérséklete?
  + Ez hogy látszik a grafikonon?
  + Mi történik a szalol megfagyása közben a környezetével? Hogyan változik a hőmérséklete? Miért?
  + Tervezzetek vizsgálatot a fenti jelenségre?

Játsszátok el az olvadás/fagyás jelenségét!

Rajzoljátok le az olvadás/fagyás jelenségét az anyag részecskeképét használva!

### A forrás vizsgálata

* Mi történik az anyag hőmérsékletével forrás közben? Mit gondoltok? Írjátok le!

**Vizsgáljátok meg a kérdést!**

A rendelkezésetekre álló eszközök és anyagok: főzőpohárban víz, hőmérő, stopper, borszeszégő

* Milyen mennyiségeket fogtok *mérni*?
* Hogyan fogjátok az *adatokat lejegyezni*?
* Miként fog kinézni a *mérési táblázat*?
* Készítsetek grafikont a mérésről!
  + Milyen fizikai mennyiségek fognak szerepelni az egyes tengelyeken?
    - Mit gondoltok, hogyan fog kinézni a grafikon?
* Vessétek össze a tapasztalatokat az előzetes várakozásaitokkal!
  + Hány rész különíthető el a grafikonon?
  + Az egyes részek milyen jelenséghez tartoznak?

**Lecsapódás**

* Mivel ellentétes folyamat a lecsapódás?
* Meghatározott hőmérséklet tartozik a lecsapódáshoz?
* Tervezzetek vizsgálatot a lecsapódás bemutatására!
  + Gondoljátok át, milyen eszközökre van szükségetek?
  + Rajzoljátok le a kísérleti elrendezést!
* Hogyan változik a környezet hőmérséklete lecsapódáskor? Miért?
* Gyűjtsetek össze minél több olyan jelenséget, amelyek a lecsapódással magyarázhatók!

Hasonlítsátok össze a forrás és a párolgás jelenségét! Mi a hasonlóság és mi a különbség a két jelenség között?

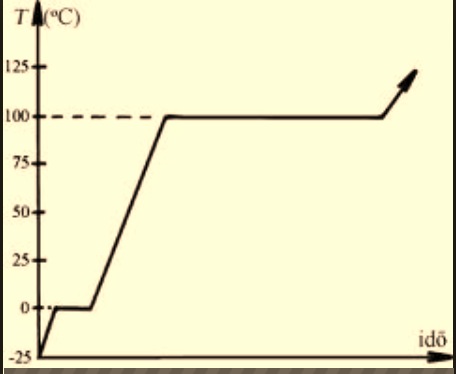
Játsszátok el a forrás/lecsapódás jelenségét!

Rajzoljátok le a forrás/lecsapódás jelenségét az anyag részecskeképét használva!

* Hasonlítsátok össze az olvadás és a forrás jelenségét!
* Hasonlítsátok össze a különböző anyagok esetében a forráshő és az olvadáshő értékeket!
  + Milyen szabályszerűséget tudtok felfedezni?
  + Mi lehet ennek a magyarázata? Használjátok az anyag részecskeképét!

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Anyag** | **Forráshő (kJ/kg)** | **Olvadáshő (kJ/kg)** |
| víz | 2256,37 | 333,7 |
| etil-alkohol | 906,07 | 106,77 |
| benzol | 395,67 | 127,28 |
| glicerin | 1101,18 | 200,56 |

Néhány anyag forráshője és olvadáshője



*A víz hőmérsékletváltozása egyenletes melegítése hatására*

*(forrás:*[*http://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termeszettudomanyok/fizika/fizika-10-evfolyam/halmazallapot-valtozasok/halmazallapotvaltozasok*](http://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termeszettudomanyok/fizika/fizika-10-evfolyam/halmazallapot-valtozasok/halmazallapotvaltozasok)

* Miért jóval hosszabb a forráshoz tartozó szakasz, mint az olvadáshoz tartozó? A magyarázathoz használjátok az anyag részecskeképét!

### A párolgás sebességének különböző tényezőktől való függésének vizsgálata

Az atomisztikus elképzelések termékeny talajra találtak **Lucretius Carus** római költőnél, akitől a következő idézet származik:

" .. *ha öltönyödet víz szélénél felakasztod,*

*Nyirkos lesz, míg újra a napra kitéve kiszárad.*

*S nem láthattuk, a nedvesség hogy járta keresztül,*

*Vagy hogy a hőségtől ismét mint szállt ki belőle.*

*Mert hisz a nedvesség oly csöpp részekre oszolva*

*Száll, hogy a szem sehogyan sem tudja követni az útját*."

(Tóth Béla fordítása)

* Milyen folyamatról írt a költő?
* Mikor élt a költő?

Bevezető kérdések

* Miért kell a teregetés során minél jobban kiteríteni a ruhát?
* Hideg, vagy meleg időben szárad meg hamarabb a kiteregetett ruha?
* Szeles, vagy szélcsendes időben szárad meg hamarabb a kiteregetett ruha?

Hogyan függhet a párolgás sebessége a párolgó anyag *felületétől*?

**Vizsgáljátok meg a kérdést!**

A rendelkezésetekre álló eszközök és anyagok: víz, itatóspapírok

* Tervezzétek meg a kísérletet! Rajzoljátok le! Majd fényképezzétek le a kísérletet!

Hogyan függhet a párolgás sebessége a párolgó anyag *hőmérsékletétől*?

**Vizsgáljátok meg a kérdést!**

A rendelkezésetekre álló eszközök és anyagok: hideg és meleg víz, főzőpoharak, karos mérleg

* Tervezzétek meg a kísérletet! Rajzoljátok le! Majd fényképezzétek le a kísérletet!

Hogyan függhet a párolgás sebessége a párolgó anyag *környezetétől*?

**Vizsgáljátok meg a kérdést!**

A rendelkezésetekre álló eszközök és anyagok: víz, itatóspapírok

* Tervezzétek meg a kísérletet! Rajzoljátok le! Majd fényképezzétek le a kísérletet!

Hogyan függhet a párolgás sebessége a párolgó anyag *anyagi minőségétől*?

**Vizsgáljátok meg a kérdést!**

A rendelkezésetekre álló eszközök és anyagok: víz, alkohol, itatóspapírok, vatta, hőmérő

* Tervezzétek meg a kísérletet! Rajzoljátok le! Majd fényképezzétek le a kísérletet!
* Játsszátok el, hogyan történik a párolgás!
* Rajzoljátok le, hogyan történik a párolgás!
* Hogyan változik a párolgó anyag hőmérséklete? Miért?

### A borszeszégő teljesítményének és melegítése hatásfokának meghatározása

A feladat a számotokra kiadott borszeszégő teljesítményének és hatásfokának a meghatározása. Mielőtt hozzáfogtok bármilyen vizsgálathoz, a következő kérdéseket gondoljátok végig!

* Milyen melegítő eszközöket ismertek? Soroljatok fel néhányat!

…………………………………………………………………………………………….

* Mikor mondjuk azt egy testre, hogy az fel tud melegíteni más testeket? Mi ennek a feltétele?

…………………………………………………………………………………………….

* Milyen vízmelegítő eszközöket ismertek? Soroljatok fel néhányat!

…………………………………………………………………………………………….

* Teát szeretnétek készíteni. Hogyan kezdetek neki?
* Hogyan tudunk vizet melegíteni? Milyen eszközöket lehet erre a célra használni otthon? Hogyan oldanátok meg a feladatot egy kirándulás során?

…………………………………………………………………………………………….

* Hogyan lehetne a fenti mennyiségeket meghatározni egy adott melegítő eszköz, például a borszeszégő esetében?
  + Milyen mennyiségeket kellene megmérni?

…………………………………………………………………………………………….

* + Milyen mérőeszközökre van ehhez szükség?

…………………………………………………………………………………………….

* + Hogyan fogjátok az mért adatokból meghatározni a teljesítményt, illetve a hatásfokot?
    - Mely adatokat szükséges táblázatból kikeresni?
* Hogy fog kinézni a mérési berendezés?
* Tervezzétek meg a mérést! Rajzoljátok le!
* Hogyan fogjátok az adatokat rögzíteni?
* Készítsd el a mérés jegyzőkönyvét!

A feldolgozás lépései:

* Mérési eljárás megalkotása arra vonatkozóan, hogy miként lehetne egy borszeszégő teljesítményét meghatározni. Becslés arra vonatkozóan, hogy mekkora lehet a melegítés hatásfoka.
* Csoportos problémamegoldás, szükség szerinti tanári segítséggel, például milyen mennyiségeket mérnének meg?
* A mérés végrehajtása és kiértékelése, az eredmények vizsgálata, összehasonlítás az előzetes hipotézissel.

Törekedjünk arra, hogy a csoportok beszámolóiban jól követhetők legyenek a probléma megoldásához vezető egyéni utak. Többféle megoldás lehetséges, legalábbis elvben, az más kérdés, hogy melyiket lehet az osztályteremben megvalósítani.

A következő lehetőségek vetődhetnek fel:

* adott ideig tartó vízmelegítés,
* ismert teljesítményű mikrohullámú sütővel, illetve merülőforralóval való összehasonlítás,
* a borszesz tömegváltozásának és az időnek a mérése stb.

Tisztázni kell, hogy mi a hatásos teljesítmény (a víz felmelegedése) és mi az összes teljesítmény, melyet a borszeszégő lead (a borszesz elégetése során felszabaduló energia időegység alatt).

Jó, ha kétféle borszeszégő teljesítményét és hatásfokát kell meghatározni, melyek a következők lehetnek: a kicsi tanulókísérleti és a nagyobb demonstrációs borszeszégő.

A munka során fejlődnek a diákok *kutatási készségei*, hiszen egy probléma felvetése alapján nekik kell megtervezniük a mérési elrendezést. Mit jelentenek a feladatban kért mennyiségek, mint teljesítmény és hatásfok? El kell gondolkodni azon, hogyan, milyen mennyiségekből lehet azokat kiszámítani, és azokat melyekből lehet számítani, végül hogy milyen mennyiségeket kell megmérni, és azokat hogyan lehet ténylegesen kivitelezni. A számítások az *arányossági gondolkodást* fejlesztik. A feladat mégis azért lehet érdekesebb, mint egy tankönyvi számításos feladat, mivel ebben az esetben a saját mérési eredményekkel kell számításokat végezni. Sőt, hipotézist, *számszerű becslést* is meg kell fogalmazni a várható hatásfok esetében. Majd értékelni a kapott eredményeket.

Problémafelvetés

* Milyen melegítő eszközöket ismertek?
* Mikor mondjuk azt egy testre, hogy az fel tud melegíteni más testeket? Mi ennek a feltétele?

Azt a választ várjuk el a tanulóktól, hogy egy melegebb test egy nálánál hidegebb testet képes felmelegíteni.

* Teát szeretnétek készíteni. Hogyan kezdetek neki?

Vízmelegítéssel kell kezdeni.

* Hogyan tudunk vizet melegíteni? Milyen eszközöket lehet erre a célra használni otthon? Hogyan oldanátok meg a feladatot egy kirándulás során?

Míg otthon bevezetett gázlapon, vagy villany főzőlapon egyszerűen kivitelezhető a vízmelegítés, addig erre a kiránduláson nincs lehetőség. Valamilyen éghető anyagot kell magunkkal vinni, melyet óvatosan égetve hozzuk létre azt a kellően magas hőmérsékletet, mellyel a víz melegíthető.

* Milyen vízmelegítő eszközöket ismertek?

rezsó, gáztűzhely, villanymelegítő, borszeszégő ……….

Kutatási (kutatásra, vizsgálatra alkalmas) kérdés

* Milyen gyorsan lehet a teavizet felmelegíteni?
  + Milyen fizikai mennyiséggel lehetne jellemezni a melegítés sebességét?
* Mennyire hatásos a vízmelegítés?
  + Milyen fizikai mennyiséggel lehetne jellemezni a melegítés hatásfokát?
  + Mi a hatásos teljesítmény?
* Hogyan lehetne a fenti mennyiségeket meghatározni egy adott melegítő eszköz, például a borszeszégő esetében?
* Milyen mennyiségeket kellene megmérni?
* Milyen mérőeszközökre van ehhez szükség?
* Mely adatokat szükséges táblázatból kikeresni?
* Hogyan fogjátok az mért adatokból meghatározni a teljesítményt, illetve a hatásfokot?
* Hogy fog kinézni a mérési berendezés?
* Tervezzétek meg a mérést!
* Hogyan fogjátok az adatokat rögzíteni?
* Mekkora hatásfokra számítotok?

A borszesz elégetése során felszabadult energiához szükség van az elégett borszesz tömegének a mérésére. Ezt pl. úgy tehetik meg, hogy lemérik a borszeszégő teljes tömegét a vízmelegítés előtt és utána, és veszik a két tömeg különbségét. Táblázatból ki kell nézni a borszesz égéshőjét.

*Q*1 = *Lé .mborszesz*

A víz melegítésére fordítódott energia meghatározásához szükség van a víz tömegére. Ezt vagy a víz térfogatának és sűrűségének szorzataként számítják ki a diákok, vagy pedig az üres és a vízzel teli pohár tömegének különbségeként. Táblázatból ki kell nézni a víz fajhőjét. Továbbá mérni kell a víz hőmérsékletének megváltozását.

*Q*2 = *cvíz . mvíz* . Δ*T*víz

A melegítés során a hasznos energia az, ami a víz melegítésére fordítódik, tehát

a hatásfok *Q*2 /*Q*1 lesz.

Az égő teljesítményének meghatározásához még a melegítés idejét is meg kell mérni. Ekkor az égő által leadott teljesítményt határozták meg.

Következtetések levonása az adatok elemzése alapján.

Az eredmények értelmezésekor a következőket célszerű megbeszélni:

* Érdemes-e sok tizedes jegyig számolni?
* Mi a számítás alapja?
* Mi mindenre fordítódott a borszeszégő által leadott energia?

A melegítés során mi mindenre fordítódott a borszesz égése során leadott energia?

Valójában a környezet is melegszik, az üvegedényt is melegíteni kell, maga a borszeszégő is melegszik stb.

További kutató kérdéseket is fogalmazzanak meg a diákok, mint pl.

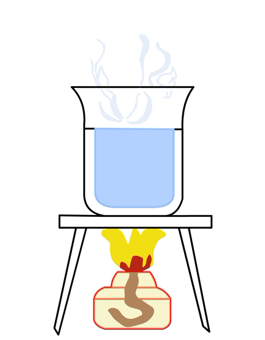
* Hogyan lehetne a mérési/vízmelegítési eljáráson úgy változtatni, hogy nagyobb hatásfokot lehessen elérni?

Példa tanulói jegyzőkönyvre

**Jegyzőkönyv**

A mérés célja: a borszeszégő teljesítményének és hatásfokának vizsgálata

A mérési berendezés:



A méréshez szükséges eszközök: mérleg, hőmérő, stopper.

Hipotézisünk: Mi körülbelül 50%-os hatásfokra számítunk. Tudjuk, hogy a borszesz égése során nem csak a víz melegszik fel.

A mért értékek:

Az elégett borszesz tömege: 14 g = 0,014 kg

A melegített víz tömege: 200 g = 0,2 kg

A víz hőmérsékletének megváltozása: 80 °C.

A melegítés ideje: 15 perc = 900 s.

A táblázatokból kikeresett értékek:

A víz fajhője: 4,2 kJ/kg°C

A borszesz égéshője: 20 000 kJ/kg

Számítások:

Q1 = Lé .mborszesz = 20 000 . 0,014 = 280

Q1 = 280 kJ

Q2 = cvíz . mvíz . ΔTvíz = 4,2.0,2.80 = 67,2

Q2 = 67,2 kJ

A melegítés során a hasznos energia az, ami a víz melegítésére fordítódik, tehát

a hatásfok Q2 /Q1 = 0,24

Vagyis a borszesz égése során felszabaduló energiának alig a negyede fordítódik a víz melegítésére. Tehát hipotézisünk nem teljesült, mivel mi azt gondoltuk, hogy körülbelül a fele.

A borszeszégő teljesítménye P = 280/900 = 0,31

P = 0,31 kW .

## Mechanikai kísérletek

### A szabadon eső test gyorsulása

A mozgás mibenlétének megértése felé vezető úton a tudomány története során kiemelt jelentősége volt az elejtett testek, az úgynevezett szabadon eső testek mozgásának leírásának. Amikor egy testet éppen elejtenek, akkor nulla a sebessége (kezdősebesség), de mivel utána mozog, így egészen biztosan gyorsulnia kell. Vagyis gyorsuló mozgásról van szó! Így adódik a kérdés:

* Mekkora a szabadon eső test gyorsulása? – ami további kérdéseket is felvet.
* Állandó-e a szabadon eső test gyorsulása? Hogyan lehet ezt megvizsgálni?

Tervezzetek kísérletet!

Előzetes tudásként feltételezzük a következő ismereteket:

Egyenes vonalú egyenletes mozgás, egyenes vonalú egyenletesen változó mozgás és vizsgálatuk, út – idő és sebesség – idő grafikonok,

négyzetes úttörvény,

sebesség, gyorsulás

Segítő kérdések:

* Hasonló lehet-e a szabadon eső test mozgása, mint a lejtőn való mozgás?
* Az egyes csoportok különböző hajlásszögű lejtőkön való mozgást vizsgáltak. Mit lehet mondani a mérések során kapott gyorsulásokról a lejtő hajlásszögének függvényében?

Vigyázat, csak annyit, hogy minél nagyobb volt a lejtő hajlásszöge, annál nagyobb a gyorsulás. Esetleg itt is érdemes kitérni arra, hogy nem minden kapcsolat lineáris.

* Tehát ha a lejtő hajlásszöge 90° lenne, mint egyik határeset (a másik a 0°), akkor lenne a legnagyobb a gyorsulás. De azért nézzük meg, hogy teljesülnek-e a szabadesésre is az állandó gyorsulású mozgás esetére kapott törvényszerűségek! Miként lehetne ezt megvizsgálni?

Segítő kérdések

* A lejtőn lévő test mozgása esetében miként változott az azonos időtartam alatt megtett utak aránya? Ezt miként tudnánk megvizsgálni a szabadesés esetében?

Ejtőzsinóros kísérletek

* Hogyan lehet a szabadon eső test gyorsulását meghatározni?

Milyen mennyiségeket kell mérni?

Mivel beláttuk az ejtőzsinóros kísérlettel, hogy a szabadesés egyenes vonalú egyenletesen változó mozgás, melyre érvényes a négyzetes úttörvény, tehát utat és időt kell mérni, majd azokból a gyorsulás már számolható. Ténylegesen célszerű egy állandó útszakaszt kijelölni, és az időt mérni, melyre többféle lehetőség is kínálkozik. Időmérő eszközként használható stopper, a mobiltelefon, illetve a jelenleg már elterjedt *audacity* ingyenesen letölthető program.

### A felhajtóerő vizsgálata

Fürdés közben a vízben könnyebbnek érezzük magunkat. Miért van ez?

Földrajz órán azt tanultuk, hogy a meleg levegő felszáll? De miért?

Miért tud felszállni a repülőgép? Ez ugyanaz a típusú felhajtóerő, mint ami miatt a vízben könnyebbek vagyunk?

Miért tudnak a madarak repülni?

Előzetes tudásként feltételezzük a következő ismereteket:

tömeg, sűrűség, nehézségi gyorsulás

erő, súlyerő, nehézségi erő

a gyorsulás és az erő kapcsolata, Newton II. törvénye

több erőhatás együttes eredménye

rugós erőmérő

A témakör ténylegesen már ismert kell, hogy legyen az általános iskolából, tehát valójában ismétlésnek tekinthető. Amiért mégis érdemes foglakozni vele az Newton II. törvényének elmélyítése, amikor egy testre több erő hat, és ezek eredője határozza meg a mozgását. Továbbá a feldolgozás jellege miatt, miszerint a diákoknak maguknak kell a kísérleteket megtervezni, kivitelezni.

* Mitől függ, és mitől *nem* függ a testekre ható felhajtóerő? Soroljatok fel különböző lehetséges hatásokat, majd gondolkodjatok el azon, hogy azt miként tudnátok megvizsgálni!

Rendelkezésre álló eszközök: erőmérő, főzőpohár, víz, glicerin, különböző térfogatú és anyagú kampóval ellátott testek, mint fa, vas, réz, alumínium, arkhimédészi hengerpár (alumíniumhenger, és edény, melybe pontosan beleillik), kétkarú mérleg, okostelefon is használható

Állítsatok fel hipotéziseket! Gondoljátok végig, hogy milyen adatokat mérnétek meg, és milyen körülményeket változtatnátok! A kísérlet során ügyeljetek arra, hogy egyszerre csak egy körülményt változtassatok meg!

Ne ijedjetek meg, ha a kísérlet nem igazolja a hipotézist, hanem próbáljátok megvizsgálni, hogy mi lehet ennek az oka! Lehet, hogy nem végeztétek el jól a mérést. Próbáljátok meg még egyszer! Ha ez a mérés sem igazolja az előzetes feltételezést, akkor lehet, hogy nem volt helyes a hipotézis. Gondoljátok át újra!

Vezessetek jegyzőkönyvet a mérésről!

A mérés menete:

* Rajzoljátok le a tervezett kísérletet! Fényképezzétek le a megvalósulást!
* Válogassátok össze azokat az eszközöket, amelyeket fel tudtok használni a méréseknél!
* Írjátok le a hipotéziseket!
* Foglaljátok táblázatba a mérési eredményeket!
* Vonjátok le a következtetéseket!
* Teljesült-e előzetes hipotézisetek?

A következőkre lehet kitérni a közös megbeszélés során, melyet érdemes a táblán rögzíteni.

Függ-e a felhajtóerő nagysága például:

* a test alakjától,
* a test térfogatától,
* a test tömegétől.
* a test sűrűségétől,
* a folyadék, vagy a gáz sűrűségétől, amibe a test belemerül?
* Mérhetnénk-e felhajtóerőt a Holdon?
* Van-e felhajtóerő a Világűrben?

A diákok a megbeszélés után különböző csoportokban vizsgálják meg az egyes tényezők hatását! Alkossanak hipotézist, készítsenek vizsgálati tervet, majd miután a tanárnak bemutatták azokat, és a tanár engedélyezte, végezzék is el.

Lehetséges táblázat

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| A vízbe merülő test | A test súlya levegőben | A test súlya vízben | Felhajtóerő vízben | A test súlya glicerinben | Felhajtóerő glicerinben |
| Alumínium henger |  |  |  |  |  |
| Vashenger |  |  |  |  |  |
| Rézhenger |  |  |  |  |  |
| Alumínium téglatest |  |  |  |  |  |
| Kétszeres tömegű alumínium téglatest |  |  |  |  |  |
| Háromszoros tömegű alumínium téglatest |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

Arkhimédészi hengerpár esetében különböző anyagú hengerek esetében elvégezni a kísérleteket. A hengerpár alsó része teljesen a víz/glicerin alá kerül, akkor a felső üres hengert színültig kell megtölteni vízzel/glicerinnel ahhoz, hogy az erőmérő akkora értéket mutasson, mint levegőben. És mindegy, hogy milyen anyagú az alsó tömör henger, alumínium, vas, vagy réz.

Fontos, hogy ne csak vízben vizsgálják a tanulók a felhajtóerőt! Sőt, célszerű azt is megbeszélni, hogy az gázokban is hat, így a levegőben lévő testekre is.

Az egyik látogatott tanórán is elvégezték a kísérletet. Minél jobban belógott az alsó tömör henger a vízbe, annál kisebb értéket mutatott az erőmérő. Végül az alsó henger teljesen a víz alá került. Az egyik diák azt állította, hogy a felső üres hengert színültig kell megtölteni vízzel ahhoz, hogy az erőmérő akkora értéket mutasson, mint amikor az alsó henger még a levegőben volt. És ezt minden kérdezés nélkül, magától mondta!!! A tanulónak egyszerűen ki kellett mondania, amit gondolt!

Ezt a példát azért írtuk le, mert ebben az esetben a tanár nem kért hipotézist a gyerekektől, de mint a példa mutatja, a diákoknak erre igényük van. Kellett volna hipotézist kérni! És ténylegesen fontos, hogy átgondolják, mi is fog történni adott esetben, hiszen ez mutatja, hogy a figyelmük teljes mértékben ráirányul az éppen tanulmányozandó jelenségre.

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

* Mitől függ az, hogy egy test egy adott folyadékban *elmerül, úszik*, vagy éppen *lebeg*? Gondolkodjatok el azon, hogy ezt miként tudnátok megvizsgálni, és bemutatni egymásnak!
* Mit lehet tenni, ha azt szeretnénk elérni, hogy egy, az adott folyadékban elmerült test lebegjen, illetve ússzon? Gondolkodjatok el azon, hogy ezt miként tudnátok megvizsgálni, és bemutatni egymásnak!

Rendelkezésre álló eszközök: főzőpohár, víz, konyhasó, cukor, kanál, keverőbot, különböző zöldségek, gyümölcsök, főtt tojás, vonalzó és okostelefon is használható

Kiegészítő feladat

* Miként változik egy folyadékban úszó test esetében a folyadékból kint lévő rész nagysága, ha elkezdjük növelni a folyadék sűrűségét? Például vízben egyre több cukrot, vagy konyhasót oldunk fel.

Ajánlott irodalom

Radnóti Katalin – Adorjánné Farkas Magdolna (2015): A kutatás alapú tanulás lehetőségei a fizikaórán. *Fizikai Szemle*. LXV. évfolyam. 6. szám. 198-204. oldalak

<http://fizikaiszemle.hu/archivum/fsz1506/FizSzem-201506.pdf>

### Súrlódás(Adorjánné Farkas Magdolna)

**1. Csúszási súrlódás**

A csúszási súrlódási erő mindig akkor lép fel, amikor két egymással érintkező fizikai test egymáshoz képest elmozdul. A mindennapi életben sokszor tapasztaljuk a súrlódás meglétét vagy éppen a hiányát.

Bevezető kérdések.

Mikor csúszik jobban a szánkó?

* frissen esett havon, vagy jeges úton?
* havon vagy kavicsos úton?

Mikor tud a pálya végén rövidebb úton lefékezni a síelő

* ha lekopott a hó a pályáról, vagy ha jeges a pálya?

Mindegyik esetben magyarázd meg, hogy mi a különbség oka!

Ha ónos eső esik, és nagyon csúsznak az utak, a járdák, néhány ember frottír zoknit húz a cipőjére. Mit gondolsz, hogy miért?

Ha egy vízszintes úton meglökünk egy ládát, az először elindul, csúszik egy ideig, majd megáll. Mi állítja meg?

Előzetes tudásként feltételezzük a következő ismereteket:

Egyenes vonalú egyenletes mozgás, egyenes vonalú egyenletesen változó mozgás és mérési lehetőségei

sebesség, gyorsulás

tömeg

erő, súlyerő

több erőhatás együttes eredménye

rugós erőmérő

A súrlódási erő vizsgálata

Lökjél el vízszintes asztallapon egy hasábot! Mit tapasztalsz?

Várt válasz: csökken a sebessége, majd megáll.

Mi csökkenti a sebességét?

Várt válasz: A hasáb és az asztallap között fellépő súrlódási erő.

Hogyan tudod megmérni ezt az erőt?

Várt válasz: vízszintes asztallapon rugós erőmérővel úgy kell húzni a tárgyat, hogy az egyenletesen mozogjon. Az erőmérő által kifejtett húzóerő ebben az esetben kiegyenlíti a súrlódási erőt. Tehát a rúgós erőmérő által mért erő nagysága megegyezik a súrlódási erő nagyságával.

Fel kell hívni a tanulók figyelmét arra, hogy az asztallappal párhuzamosan, tehát vízszintesen húzzák a hasábot.

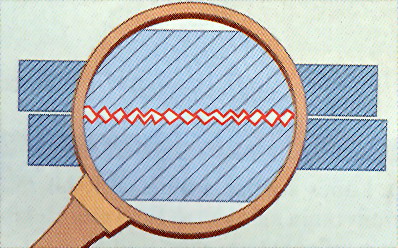
Az erő mérésére másféle módszer is eszébe juthat néhány diáknak. Ha elegendő nagyságú sebességgel ellökjük a testet, az bizonyos út megtétele után megáll. Mérni kell ezt az utat és a mozgás idejét. Ebből lehet számolni a gyorsulást (lassulás), melyet megszorozva a test tömegével, megkapjuk a súrlódási erőt. Ha felvetődik ez a gondolat, akkor érdemes hagyni, hogy az egyik csoport így mérjen.

Rajzoljátok fel az egyenletesen mozgó tárgyra ható erőket!

*rajz*

Mi az oka annak, hogy súrlódási erő lép fel a két felület között?

A súrlódás oka a felületek egyenetlensége, valamint az érintkező felületek atomjainak egymásra ható vonzása.



<https://www.google.hu/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwimytWc47DRAhUCbxQKHaAtAXcQjRwIBw&url=http%3A%2F%2Fwww.vilaglex.hu%2FLexikon%2FHtml%2FSurlodas_.htm&psig=AFQjCNEUvDkU1g-TAuu-ywd96MPLsezujw&ust=1483903963343590>

\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

1. feladat: Határozzátok meg, hogy mitől és hogyan függ a csúszási súrlódási erő értéke?

1/1. Először állítsatok fel hipotéziseket!

1./2. Tervezzetek olyan kísérletet, amellyel igazolni tudjátok a felállított hipotézist! Gondoljátok végig, hogy milyen adatot mérnétek meg, és milyen körülményeket változtatnátok! A kísérlet során ügyeljetek arra, hogy egyszerre csak egy körülményt változtassatok meg!

Ne ijedjetek meg, ha a kísérlet nem igazolja a hipotézist, hanem próbáljátok megvizsgálni, hogy mi lehet ennek az oka! Lehet, hogy nem végeztétek el jól a mérést. Próbáljátok meg még egyszer! Ha ez a mérés sem igazolja az előzetes feltételezést, akkor lehet, hogy nem volt helyes a hipotézis. Gondoljátok át újra!

Vezessetek jegyzőkönyvet a mérésről! Rajzoljátok le a tervezett kísérletet!

1./3. Válogassátok össze azokat az eszközöket, amelyeket fel tudtok használni a méréseknél!

1./4. Végezzétek el a méréseket! Írjátok táblázatba a mérési eredményeket! Fényképezzétek le a megvalósított kísérletet!

1./5. Vonjátok le a következtetést a mérésekből!

1./6. Hasonlítsátok össze a mérési eredményeket az általatok felállított hipotézissel!

Ha nem igazolták a hipotézist a mérési eredmények, adjatok rá magyarázatot, hogy mi lehet ennek az oka!

Megoldási lehetőségek:

1. feladat: Határozzátok meg, hogy mitől és hogyan függ a csúszási súrlódási erő értéke?

1/1. Először állítsatok fel hipotéziseket!

Várt válaszok:

* az asztalfelület érdessége/ simasága – minél érdesebb, annál nagyobb a súrlódási erő
* a hasáb felületének érdessége/ simasága – minél érdesebb, annál nagyobb a súrlódási erő
* a hasáb súlya – minél nagyobb a súlya, annál nagyobb a súrlódási erő
* a hasáb felületének nagysága – minél nagyobb a felület, annál nagyobb a súrlódási erő

Megjegyzés az utolsóként felírt hipotézishez: nem baj, ha a hipotézisek között olyan is szerepel, amelynek igazságát nem igazolják a kísérletek. Sőt, kifejezetten hasznos, ha a tanulók azt is megtapasztalják, hogy a kísérlet nem igazolja minden esetben a felállított hipotézist. Érdemes arra is kitérni, hogy az igazi kutató munka során is gyakran előfordul, hogy a kísérlet nem igazolja az előzetesen felállított hipotézist. Ilyenkor először meg kell vizsgálni, hogy nem volt-e hiba a kísérletben? Ha több mérés után is olyan eredményt kapnak, amely nem igazolja a hipotézist, akkor valószínűleg a hipotézis nem volt helyes, így akkor azt kell felülvizsgálni.

Vannak olyan körülmények, amelyek kvantitatívan meghatározhatók - felület nagysága, a hasáb súlya, és vannak, amelyeknél csak minőségi összehasonlítást tudunk tenni – érdesség/ simaság. Ennél a kísérletnél azonban azt javasoljuk, hogy a hasáb súlyánál illetve a hasáb felületének nagyságánál is csak összehasonlítást tegyenek a tanulók.

Ahhoz, hogy meg tudjuk állapítani, hogy hogyan függ a súrlódási erő a különböző tényezőktől, arra kell törekedni, hogy minden esetben ugyanakkora sebességgel csússzon a tárgy.

Érdemes arra felhívni a tanulók figyelmét, hogy valójában a hasábot a felülethez nyomó erő nagyságától függ a súrlódási erő. A nyomóerő csak abban az esetben egyezik meg a hasáb súlyával, ha a hasáb vízszintes talajon áll vagy mozog. Ha a hasábot lejtőre helyezzük, a nyomóerő kisebb nagyságú lesz a hasáb súlyánál.

1./2. Tervezzetek olyan kísérletet, amellyel igazolni tudjátok a felállított hipotézist! Gondoljátok végig, hogy milyen adatot mérnétek meg, és milyen körülményeket változtatnátok! A kísérlet során ügyeljetek arra, hogy egyszerre csak egy körülményt változtassatok meg!

Ne ijedjetek meg, ha a kísérlet nem igazolja a hipotézist, hanem próbáljátok megvizsgálni, hogy mi lehet ennek az oka! Lehet, hogy nem végeztétek el jól a mérést. Próbáljátok meg még egyszer! Ha ez a mérés sem igazolja az előzetes feltételezést, akkor lehet, hogy nem volt helyes a hipotézis. Gondoljátok át újra!

Vezessetek jegyzőkönyvet a mérésről! Rajzoljátok le a tervezett kísérletet!

1./3. Válogassátok össze azokat az eszközöket, amelyeket fel tudtok használni a méréseknél!

Javaslat a kikészített eszközökre:

* sima felületű fahasábok – érdemes olyanokat kikészíteni, amelyiknek a három oldala különböző területű,
* sima felületű fémhasábok – érdemes olyanokat kikészíteni, amelyiknek a három oldala különböző területű,
* fémhasáb, amelynek az oldalára csiszolópapírt vagy csiszolóvásznat, vagy filcet ragasztottak,
* rúgós erőmérő,
* különböző érdességű felületek, amelyeken a tanulók húzhatják a hasábot,
* és természetesen mobiltelefon is használható pl. fényképek készítésre.

1./4. Végezzétek el a méréseket! Írjátok táblázatba a mérési eredményeket! Fényképezzétek le a megvalósított kísérletet!

Javaslat a táblázatra:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| a hasáb felületének érdessége | az asztalfelület érdessége | a hasáb súlya | a hasáb felületének nagysága | a húzó erő nagysága |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

A következő táblázat a körülmények több féle lehetséges kombinációját mutatja. Az itt felsoroltakon kívül másféle kombinációkat is javasolhatnak a tanulók, és tovább lehet folytatni a kísérletet 3 hasábbal. Érdemes úgy szervezni a mérést, hogy minél többféle kombinációt mérjenek a csoportok.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| a hasáb felületének érdessége | az asztalfelület érdessége | a hasáb súlya | a hasáb csúszó felületének nagysága | a súrlódási erő nagysága |
| sima | sima | egy hasáb | legnagyobb oldal |  |
| sima | érdes | egy hasáb | legnagyobb oldal |  |
| érdes | érdes | egy hasáb | legnagyobb oldal |  |
| érdes | érdes | egy hasáb | közepes nagyságú oldal |  |
| érdes | érdes | egy hasáb | legkisebb oldal |  |
| érdes | érdes | két hasáb egymáson | legnagyobb oldal |  |
| érdes | érdes | két hasáb egymáson | közepes nagyságú oldal |  |
| érdes | érdes | két hasáb egymáson | legkisebb oldal |  |

Érdemes a két felület érdességére külön-külön figyelni, hiszen a mindennapi életben is mindkettőt figyelembe kell venni. Például az, hogy megcsúszunk-e a járdán, egyaránt függ a cipőtalpunk simaságától és a járda felületének csúszósságától.

Az érintkező felületek érdessége együttesen határozza meg a súrlódási együtthatót, amelynek μ a fizikai jele.

1./5. Vonjátok le a következtetést a mérésekből!

Várt válaszok: - minél érdesebbek a felületek, vagyis minél nagyobb a súrlódási együttható,

annál nagyobb a súrlódási erő,

- minél nagyobb a hasáb súlya, annál nagyobb a súrlódási erő, egyenes

arányosság van a súrlódási erő és a hasáb súlya között. Matematikai formában

megadva: Fsúrlódási/ Fsúly = állandó. Ez a hányados éppen a μ

- a csúszó felület nagyságától nem függ a súrlódási erő

1./6. Hasonlítsátok össze a mérési eredményeket az általatok felállított hipotézissel!

Ha nem igazolták a hipotézist a mérési eredmények, adjatok rá magyarázatot, hogy mi lehet ennek az oka!

Mivel minden esetben több tanuló is feltételezni szokta, hogy a csúszó felület nagyságától is függ a súrlódási erő, érdemes megmagyarázni, hogy miért nem függ. Itt két hatás egyenlíti ki egymást: ha nagyobb az érintkező felület, akkor nagyobb felületen érvényesül a mozgást akadályozó hatás, azonban ezzel egyidejűleg a nyomás kisebb lesz, mert az erő nagyobb felületen oszlik el.

1. feladat: A csúszási súrlódási együttható mérése különböző felületek esetében

2./1. Tervezzetek olyan mérést, amellyel meg tudjátok határozni a súrlódási együtthatót! Az 1. feladat következtetéseiből induljatok ki! Vezessetek jegyzőkönyvet a mérésről!

2./2. Válogassátok össze azokat az eszközöket, amelyeket fel tudtok használni a méréseknél!

2./3. Állítsatok fel hipotézist arról, hogy milyen felületi anyagok alkalmazása esetén lesz a legkisebb, illetve a legnagyobb a súrlódási együttható értéke! Arra is tehettek becsléseket, hogy a többi esetben hogyan alakulnak a súrlódási együtthatók. Felállíthattok egy előre megbecsült sorrendet.

2./4. Végezzétek el a méréseket! Először mérjétek meg a hasáb súlyát, majd utána mérjétek meg a súrlódási erőt a különböző felületek esetén! Figyeljetek arra, hogy egyszerre csak egy körülményt változtassatok meg! Írjátok táblázatba a mérési eredményeket! Számoljátok ki a súrlódási együtthatók értékét! Ügyeljetek arra, hogy mivel ez a fizikai mennyiség két erő hányadosaként számítható ki, ezért nincs mértékegysége.

A hasáb súlya: …….

Fényképezzétek le a megvalósított kísérletet!

2./5. Vonjátok le a következtetést a mérésekből!

2./6. Hasonlítsátok össze a mérési eredményeket az általatok felállított hipotézissel!

Megoldási lehetőségek

2. feladat: A csúszási súrlódási együttható mérése különböző felületek esetében

2./1. Tervezzetek olyan mérést, amellyel meg tudjátok határozni a súrlódási együtthatót! Az 1. feladat következtetéseiből induljatok ki! Vezessetek jegyzőkönyvet a mérésről!

Érdemes felhívni a tanulók figyelmét arra, hogy a méréseket ugyanolyan súlyú hasábokkal végezzék el.

Várt válasz: meg kell mérni a súrlódási erőt az 1. feladatban leírt módon. A hasáb súlyát úgy tudjuk meghatározni, hogy az erőmérőre akasztjuk. A két erő hányadosa a súrlódási együttható. Fsúrlódási/ Fsúly = μ

Mi lehet a súrlódási együttható elméletileg legnagyobb illetve legkisebb értéke? A gyakorlatban fellépő súrlódási együttható értékei e két szélsőérték közé esnek.

Várt válasz: 1 illetve 0

2./2. Válogassátok össze azokat az eszközöket, amelyeket fel tudtok használni a méréseknél!

Ugyanazokat az eszközöket érdemes kikészíteni, mint az 1. feladathoz.

2./3. Állítsatok fel hipotézist arról, hogy milyen felületi anyagok alkalmazása esetén lesz a legkisebb, illetve a legnagyobb a súrlódási együttható értéke! Arra is tehettek becsléseket, hogy a többi esetben hogyan alakulnak a súrlódási együtthatók. Felállíthattok egy előre megbecsült sorrendet.

2./4. Végezzétek el a méréseket! Először mérjétek meg a hasáb súlyát, majd utána mérjétek meg a súrlódási erőt a különböző felületek esetén! Figyeljetek arra, hogy egyszerre csak egy körülményt változtassatok meg! Írjátok táblázatba a mérési eredményeket! Számoljátok ki a súrlódási együtthatók értékét! Ügyeljetek arra, hogy mivel ez a fizikai mennyiség két erő hányadosaként számítható ki, ezért nincs mértékegysége.

A hasáb súlya: …….

Javaslat a táblázatra:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| hasáb felülete | asztal felülete | súrlódási erő | súrlódási együttható |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

A következő táblázat a körülmények több féle lehetséges kombinációját mutatja. Az itt felsoroltakon kívül másféle kombinációkat is javasolhatnak a tanulók. Érdemes úgy szervezni a mérést, hogy minél többféle kombinációt mérjenek a csoportok.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| hasáb felülete | asztal felülete | súrlódási erő (mért) | súrlódási együttható (számított) |
| sima acél | sima fa |  |  |
| sima acél | üveg |  |  |
| sima acél | posztó |  |  |
| filccel leragasztott | sima fa |  |  |
| filccel leragasztott | üveg |  |  |
| filccel leragasztott | posztó |  |  |
|  |  |  |  |

Fényképezzétek le a megvalósított kísérletet!

2./5. Vonjátok le a következtetést a mérésekből!

2./6. Hasonlítsátok össze a mérési eredményeket az általatok felállított hipotézissel!

Kiegészítő kérdés: Mondjatok példát a hétköznapi életből arra, amikor a súrlódási erőnél figyelembe vehető nyomóerő független a test súlyától!

Várt válasz: ha például egy függőleges falfelületet csiszolnak.

**2. Tapadási súrlódás.**

Bizonyára tapasztaltátok, hogyha elhúztok egy ládát vagy egy asztalt, a tárgy elmozdításakor nagyobb erőt kell kifejteni, mint akkor, amikor már egyenletes mozgásban tartjátok. Mi lehet ennek az oka?

Várt válasz: a test elmozdításakor nagyobb a súrlódási erő.

Ezt tapadási súrlódási erőnek nevezzük.

3. feladat: Határozzátok meg, hogy mitől és hogyan függ a tapadási súrlódási erő maximumának értéke?

Ezt a mérést az 1. feladathoz hasonlóan kell elvégezni.

Fogalmazzátok meg, hogy mi az eltérés ennél a mérésnél az 1. feladathoz képest?

Lehet, hogy a tanulók a választ nem tudják maguktól megfogalmazni. Ebben az esetben rá kell őket vezetni. Vízszintes asztallapon rugós erőmérővel kell húzni a hasábot egyre nagyobb erővel. Az erőt növelve egyszer elérünk egy olyan értéket, amelynél megmozdul a hasáb. Lényeges és érdekes tulajdonsága a tapadási súrlódási erőnek, hogy 0 és egy maximális érték között egyenletesen változik. Amíg a hasáb nem mozdul, addig a tapadási súrlódási erő egyenlő nagyságú a húzóerővel. A tapadási súrlódási erőnek van egy maximális értéke, ha a húzóerő ennél nagyobb lesz, akkor mozdul meg a hasáb. Tehát ezzel a méréssel a tapadási súrlódási erő maximumát lehet megmérni.

4. feladat: A tapadási súrlódási együttható mérése különböző felületek esetében

A tapadási súrlódási erő és a nyomóerő hányadosa a tapadási súrlódási együttható.

Ezt a mérést az 2. feladathoz hasonlóan kell elvégezni.

**3. Gördülési ellenállás**

Ha egy test egy másikon legördül, akkor is fellép egy mozgást fékező erő, ezt gördülési ellenállási erőnek hívjuk. A gördülési ellenállási erő és a nyomóerő hányadosa a gördülési ellenállási tényező. Ennek a nagysága körülbelül a tizedrésze a csúszási súrlódási együtthatónak.

5. feladat: A gördülési ellenállás és a gördülési ellenállási tényező mérése

Tervezzétek meg és végezzétek el a méréseket az 1. és a 2. feladathoz hasonlóan.

Kiegészítő kérdések:

1. Az autók kerekén más féle gumiabroncsot használnak nyáron, mint télen. A képeken nyári és téli abroncsok képét látod. Hasonlítsd össze az abroncsok mintázatát! Miben térnek el egymástól? Indokold meg, hogy miért ilyen mintázatokat készítenek a téli abroncsra! Indokold meg, hogy miért veszélyes, ha valaki olyan autóval közlekedik, amelyen kopottak a gumik.

gumik.

Várt válasz: a téli abroncs mintázata sűrűbb és mélyebb, mint a nyárié, ezáltal minden irányban nagyobb tapadási súrlódási erőt biztosít, ezzel akadályozza meg az autó megcsúszását a havas, jeges úton is. Ha kopott a gumi, csökken a mintázatok mélysége és így kisebb lesz a maximális tapadási súrlódási erő.

Érdemes azt is megemlíteni a tanulóknak, hogy a kétféle abroncs anyagának az összetétele is eltérő, a téli abroncs olyan anyagból készül, amely alacsony hőmérsékleten is rugalmas marad, így jobban tapad az útburkolathoz.

<https://www.google.hu/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=imgres&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwipqujS3pnRAhXCORoKHeH0DpUQjRwIBw&url=http%3A%2F%2Fwww.gumiwebshop.hu%2Fhirek%2FMitol-kulonleges-es-nyari-egy-gumiabroncs%2F183&psig=AFQjCNG1ZboKGGqke06eJtZ9STolPlQr_Q&ust=1483112472352113>

2. Mondj példát a hétköznapi életből arra, amikor

* káros a számunkra a súrlódás, és ezért csökkenteni akarjuk a súrlódási erőt.
* hasznos a számunkra a súrlódás, és ezért növelni akarjuk a súrlódási erőt.

3. Melyik az az erő, amely lehetővé teszi, hogy járni tudjunk

amelynek a segítségével le tudunk fékezni egy lejtőn lecsúszó szánkót,

amely bizonyos gyorsulásértékig megakadályozza, hogy a rakomány

lecsússzon egy teherautó platójáról,

amely lehetővé teszi az úton a járművek előrehaladását.

4. Végezz gyűjtőmunkát! Nézz utána az Interneten,

- hogy mikor és hol használtak először kereket a közlekedésben az emberek?

- hogy miért tekinthető forradalmi lépésnek az emberiség történetében a kerék felfedezése és használatának elterjedése?

### A közegellenállás vizsgálata

A mozgások vizsgálata során sok esetben eltekintettünk a közeg hatásától. Ebben az esetben azonban épp ezt tesszük vizsgálatunk tárgyává.

* Miért készülnek egyre áramvonalasabb autók?

Nézzetek utána, miként változott az autók karosszériájának a formája az idők során!

* Milyen a repülőgép szárnyának az alakja? Miért lehet azt változtatni?
* Milyen a hajók alakja?
* Hogyan mozognak az esőcseppek?
* Mi célt szolgál az ejtőernyő?

Előzetes tudásként feltételezzük a következő ismereteket:

Egyenes vonalú egyenletes mozgás, egyenes vonalú egyenletesen változó mozgás és vizsgálatuk,

sebesség, gyorsulás

sűrűség

erő, nehézségi erő, felhajtóerő

a gyorsulás és az erő kapcsolata, Newton II. törvénye

több erőhatás együttes eredménye

rugós erőmérő

* Mitől függhet a közegellenállási erő? Soroljatok fel különböző lehetséges hatásokat, majd gondolkodjatok el azon, hogy azt miként tudnátok megvizsgálni!

Rendelkezésre álló eszközök: hajszárító, mely több fokozatban tud működni, golyók, különböző alakú műanyag gyöngyök, különböző alakú testek, erőmérő, víz, glicerin, üveghenger, stopper, állvány, fogók, mérőszalag és természetesen az okostelefon is használható

Állítsatok fel hipotéziseket! Gondoljátok végig, hogy milyen adatokat mérnétek meg, és milyen körülményeket változtatnátok! A kísérlet során ügyeljetek arra, hogy egyszerre csak egy körülményt változtassatok meg!

Ne ijedjetek meg, ha a kísérlet nem igazolja a hipotézist, hanem próbáljátok megvizsgálni, hogy mi lehet ennek az oka! Lehet, hogy nem végeztétek el jól a mérést. Próbáljátok meg még egyszer! Ha ez a mérés sem igazolja az előzetes feltételezést, akkor lehet, hogy nem volt helyes a hipotézis. Gondoljátok át újra!

Vezessetek jegyzőkönyvet a mérésről!

A mérés menete:

* Rajzoljátok le a tervezett kísérletet! Fényképezzétek le a megvalósulást!
* Válogassátok össze azokat az eszközöket, amelyeket fel tudtok használni a méréseknél!
* Írjátok le a hipotéziseket!
* Foglaljátok táblázatba a mérési eredményeket!
* Vonjátok le a következtetéseket!
* Teljesült-e előzetes hipotézisetek?

Lehetséges megoldások

Először érdemes a csoportoknak időt hagyni arra, hogy gondolkodjanak el azon, hogy milyen tényezőktől is függhet a közegellenállási erő. Ezeket gyűjtsék össze, például a táblára fel lehet írni. Majd közös megegyezéssel *a diákok egyes csoportjai más-más tényezők hatását* kezdjék el megvizsgálni. Alkossanak hipotéziseket, tervezzék meg a vizsgálatot, majd miután a tanárnak bemutatták azokat, és a tanár engedélyezte, végezzék is el.

Amennyiben nincs lehetőség minden mérést iskolai környezetben elvégezni, azokat, vagy azok közül minél többet differenciált feladatként végezzen el néhány diák, majd számoljanak be az osztálynak. De ha csak megbeszélik a mérési lehetőségeket, az is nagyon hasznos!

Közeg hatása

Azonos méretű golyók ejtése *levegőben, vízben, glicerinben*. Előzetesen fogalmazzák meg a diákok, hogy mire számítanak, melyik közeg akadályozza legjobban az esést. Esetleg kialakul-e állandó sebesség az esés során?

A vízben és a glicerinben történő ejtést hosszú üveghengerben célszerű megtenni. A glicerin esetében néhány cm-nyi megtett út után már állandó nagyságú sebesség alakul ki. Ezt meg is lehet mérni.

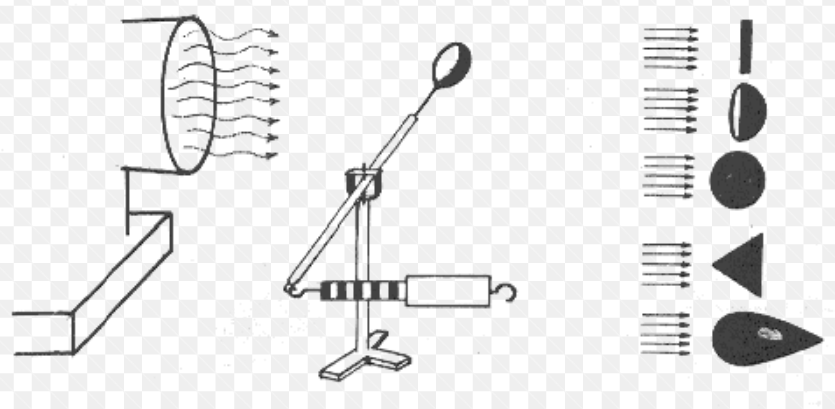
Helyezzenek méterrudat, vagy erősítsenek mérőszalagot (pontosabban nem lehet meghatározni a golyó helyzetét) az üveghengerhez, mellé pedig stoppert (mobiltelefon stopper üzemmódban). Mobiltelefonnal vegyék fel az ejtést, majd az összetartozó út-idő adatok alapján állapítsák meg, hogy mekkora út megtétele után tekinthető a mozgás egyenletesnek!

Alaktényező

Helyezzenek különböző alakú, de azonos keresztmetszetű testeket légáramba (például hajszárító használatával) és mérjék az egyensúlyban tartáshoz szükséges erőt. Előzetesen fogalmazzák meg a diákok, hogy milyen sorrendre számítanak a különböző alakú testek esetében. Érdemes néhány jellegzetes alakot felkínálni, mint gömb, félgömb, kúp, de a diákok is javasolhassanak.

Kúp esetében érdemes olyan kísérletet is végezni, hogy egyre több kúpot helyeznek egymásba és vizsgálják azok esési idejét.

Lehetséges elrendezés:



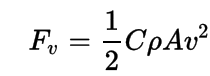
Forrás: <http://metal.elte.hu/~phexp/doc/fgm/e26s2.htm>

A mozgásra merőleges felület nagysága

Különböző méretű körlapok azonos módon való elhelyezése a légáramba és mérni az egyensúlyban tartáshoz szükséges erőt.

Relatív sebesség

A légáram sebességének változtatása pl. hajszárító fokozatait használni. Előzetesen fogalmazzák meg a diákok, hogy mire számítanak, mikor szükséges nagyobb erőt kifejtetni.



ahol *C* a test alakjától függő alak-ellenállási tényező, *ρ* a közeg sűrűsége, *A* mozgásra merőleges felület (m²), *v* (m/s) relatív sebesség.

Az egyes tényezőktől való függés táblázatba foglalása

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Vizsgálat | A közeg hatása | A mozgó test homlokfelülete | A mozgó test alakja | A közeg és a test relatív sebessége |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

Autók fogyasztásának vizsgálata a sebesség függvényében

Internetes források felkutatása a témában differenciált feladatként



Forrás: <https://www.autonavigator.hu/tippek_tanacsadok/mennyit_sporolhatunk_a_lassabb_tempoval_mennyi_idot_nyerhetunk_a_gyorsabbal-12084>

Szakköre, fakultációra:

* A fa és a vasgolyó *szabadesésének* vizsgálati lehetőségeiről szóló tanulmány elemzése, esetleg a mérés megismétlése

<http://fizikaiszemle.hu/archivum/fsz1103/kist1103.html>

*Kis Tamás (*Eötvös József Középiskola, Heves): A FA- ÉS A VASGOLYÓ HEVESEN VERSENYZETT. Fizikai Szemle 2011/3. 101.o.

Gömb alakú tárgy esetében az *A* homlokfelület a kör területe………

* Azonos anyagból készült, de különböző tömegű tárgyak *szabadesésének* tanulmányozása, elemzése, esetleg mérése

Ha két hasonló alakú tárgy a Föld felé esnek, és a sűrűségük megegyezik, akkor a nagyobb tárgy *tömege, a térfogatához hasonlóan, köbösen* nő meg a kisebbhez képest, addig a *felülete csak négyzetesen*. Ez azt jelenti, hogy az egységnyi tömegre eső közegellenállás kisebb lesz (mivel a közegellenállás a felülettel arányos), tehát a nagyobb testre nagyobb eredő erő hat, tehát nagyobb lesz a gyorsulása, vagyis hamarabb ér földet.

A felhajtóerő ugyan a test térfogatától függ, de a közegellenállási erő viszont a sebesség négyzetével arányos, vagyis egyre nagyobb lesz. Érdemes megnézni, becsülni, hogy e kettő aránya miként változik a sebesség függvényében. Ténylegesen a változó erő miatt a test gyorsulása is változik.

A feladat ténylegesen az előző speciális változata. Továbbá az egyre több kúp leejtésekor mérhető egyre rövidebb esési idő is így magyarázható.

* Különböző méretű, azonos anyagból készült golyók ejtése glicerinben, és a kialakuló állandó sebesség mérése

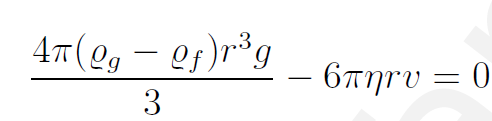
A diákok alkossanak hipotézist arról, hogy miként változik a golyók sebessége a golyó sugarának függvényében!

Ha egy *r* sugarú gömb alakú test folyadékban *v* sebességgel mozog, akkor Stokes törvénye szerint a rá ható súrlódási erő 6π*ηrv*, ahol *η* a folyadék belső súrlódási együtthatója, vagy más néven viszkozitása.

Helyezzünk folyadékba egy a folyadéknál nagyobb sűrűségű golyót! A golyó gyorsuló mozgással elkezd esni a folyadékban, majd amint a sebessége nő, ezzel arányosan nő a folyadék belső súrlódásából származó erő is. Egy adott sebességnél a golyóra ható erők eredője nulla lesz, és ettől kezdve a golyó ezzel az állandó sebességgel esik tovább.

A dinamika alaptörvényének gyakorlása végett is érdemes felírni a golyó mozgásegyenletét erre az esetre: *G – Ffel -* 6π*ηrv* = 0.

A gömb térfogatát írjuk fel a gömb sugara segítségével, majd megszorozva a sűrűséggel és a nehézségi gyorsulással kiszámítható a golyó súlya, továbbá felírható a golyóra a folyadékban ható felhajtóerő, melyeket beírva az alábbi egyenletet kapjuk.



Az egyenletből a golyó sebessége kifejezhető. Mivel *r*-rel lehet egyszerűsíteni, látható, hogy az adott folyadék esetében a golyó sebessége a sugarának a négyzetével lesz arányos.

Néhány, 4-5 golyó ejtése során érdemes a mérést elvégezni, ábrázolni az adatokat, és függvényt illeszteni azokra.

További differenciált feladat lehet a diákok számára utána nézni, hogy mikor alkalmazható a fenti közelítés, továbbá összehasonlítani különböző folyadékok viszkozitását, nézzenek utána Stokes életének (George Gabriel Stokes (1819-1903))…..

<https://en.wikipedia.org/wiki/Sir_George_Stokes,_1st_Baronet>

* Hol született és élt gyermekkorában Stokes?
* Tanulmányait hol végezte?
* Tudományos munkásságának helyszínei, kikkel volt kapcsolatban?
* Milyen területeken alkotott, milyen törvények őrzik a nevét?

### Rugalmas testek vizsgálata

* Hol találkozhatunk a mindennapi életben rugalmas testekkel és rugókkal?

Előzetes tudásként feltételezzük a következő ismereteket:

erő, nehézségi erő, súly

a gyorsulás és az erő kapcsolata, Newton II. törvénye

több erőhatás együttes eredménye

Rendelkezésre álló eszközök: Bunsen állvány, fogók, rudak a rugó felfüggesztéséhez, tükörskála, tömegelemek, melyek egymásba akaszthatók, mérleg

*Megnyúlás – erő vizsgálata*

A periodikus mozgások sokfélék, szinte áttekinthetetlen ez a mozgástípus. Egyszerűsítsük azonban a munkánkat: vizsgáljunk csak rugalmas testeket, rugókat és gumiszálakat. A csoportból mindenki vegye kézbe a megkapott *rugót*, illetve *gumiszálat*, s húzzátok ki azokat, de ne túlzottan nagy mértékben. (A rugó ne nyúljon meg véglegesen, ne menjen tönkre, a gumiszál ne szakadjon el.) Nyilván semmi újdonságot nem jelent számotokra, hogy ilyen viszonylag kis megnyúlások esetén minél nagyobb megnyúlást akarunk létrehozni, annál nagyobb erőt kell kifejtenünk. Mit mondhatunk erről az összefüggésről pontosabban?

Ha egy rugót egyik végénél felakasztunk, akkor a másik végére akaszthatunk különböző tömegű testeket. Gondolhatjátok, hogy ezek különböző mértékben nyújtják meg a rugót. Pontosabban a következő a helyzet: amikor a test a rugót megnyújtja, és a rugó éppen álló helyzetben van, akkor a rá ható erők eredőjének nullának kell lenni. Két erő hat a testre, lefelé húzza a nehézségi erő, ami a test tömegének és a nehézségi gyorsulásnak a szorzata: *G* = *mg*. Ez azt jelenti, hogy a rugónak felfelé is ekkora erőt kell gyakorolnia a testre. Vagyis a test tömegének mérésével meg tudjuk határozni a rugó által kifejtett erő nagyságát.

Beszéljétek meg a csoportban, hogy vajon *milyen összefüggés lehet a rugó által kifejtett erő és a rugó megnyúlása között*. Előzetes elképzeléseteket - hipotéziseteket - írjátok le a füzetetekbe! Mit gondoltok, a többi csoport is pontosan azt kapja, mint ti? S mi lesz a helyzet vajon a gumiszállal? Ezeket az elképzeléseket is írjátok le a füzetetekbe.

*Tervezzétek meg a mérést*, mondjátok el tanárotoknak, és amennyiben engedélyt kaptok rá, végezzétek el! Gondoljátok át a következőket:

* Mit mérnétek meg és hogyan?
* Hogyan fogjátok rögzíteni a mérési adatokat?
* Mit minek a függvényében ábrázolnátok?
* Milyen függvényre számítotok?
* Fényképezzétek le a mérési berendezést!
* Készítsétek el a mérés jegyzőkönyvét!

Az egyes csoportok különböző rugókat kapjanak!

Lehetséges megoldás:

Bunsen-állványra függesszenek fel egy *rugót*, mely mellé méterrudat helyeznek. Ezen jelöljék meg a rugó aljának helyét. Ezt követően akasszanak rá az egymásba akasztható tömegelemek közül egyet, majd olvassák le a rugó megnyúlását (*Δl*) a kiindulási helyzethez viszonyítva. Akasszanak egyre több tömegelemet egymásba, és minden esetben olvassák le a rugó megnyúlását a kiindulási helyzethez képest. Foglalják táblázatba a kapott adatokat, majd ábrázolják a megnyúlást a rugó által kifejtett erő függvényében! Olyan grafikont kaptak, amilyet vártak? Indoklás!

Egy tömegelem tömege: *m* = ………kg

Egy tömegelemre ható nehézségi erő: *G = m.g* = ……..N

Lehetséges táblázat

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Mérés sorszáma | Tömegelemek száma | A rugó által kifejtett erő nagysága  *F* (N) | Megnyúlás  *Δl* (m) | () |
| 1. | 1 |  |  |  |
| 2. | 2 |  |  |  |
| 3. | 3 |  |  |  |
| 4. | 4 |  |  |  |
| 5. | 5 |  |  |  |
| 6. | 6 |  |  |  |

Ideális esetben a táblázat utolsó oszlopában közel ugyanazok az értékek szerepelnek egy adott rugó esetében. Hasonlítsák össze az egyes csoportok által kapott eredményeket! Az eredményekből látható, hogy egy rugó esetében a rugó által kifejtett erő nagyságának és a megnyúlásnak a hányadosa állandó, s ez a rugóra jellemző adat. Ezt a rugóra jellemző adatot rugóállandónak nevezzük, jele *D*, a mértékegysége N/m. Ez függ a rúgó geometriájától is, nem csak a rugó anyagától.

A grafikon elkészítése lehetőleg Excel program segítségével történjen. Írassák ki a diákok az illesztett egyenes egyenletét is, melyből olvassák ki a keresett rugóállandót!

Lehet több grafikont is ábrázolni koordináta rendszerben, hogy látszódjon a különbség az egyes rugók rugóállandója között.

*Gumiszál megnyúlásának vizsgálata*

A gumiszál hasonlóan „viselkedik”, mint a rugó. Vajon ez tényleg így van? Tervezzetek meg - az előzőhöz hasonlóan - egy mérést, amelynek eredményei alapján válaszolni tudtok erre a kérdésre! Eredményeiteket, válaszotokat rögzítsétek a füzetben!

A gumiszál vizsgálata lehet differenciált feladat. Ha ténylegesen nem is végzik el a mérést, akkor is fontos annak megtervezése, és hogy milyen függvényre számítanak a tanulók. Fontos annak belátása, hogy az nem lineáris függvény!

További feladatok, differenciáláshoz való ötletek:

Radnóti Katalin, Szerk. (2014): *A természettudomány tanítása*. MOZAIK Kiadó 115-118- oldalak

## Elektromos mérések

### Tanulói tévképzetek az elektromos jelenségekkel kapcsolatban, a fogalmi fejlődés egy lehetséges útja

A gyerekek formális fizika tanulmányaik kezdetére megkonstruálnak magukban bizonyos tudáselemeket, elképzeléseket az elektromosságtan témakörében is. A diákok mindennapi életük során sok elektromos eszközt használnak, játékaikban vannak elemek, motorok, izzók, huzalok, kapcsolók, sőt valószínűleg még komolyabb elektronikus eszközök is, mint a mobiltelefon. Már egészen kicsi gyerekek is végezhetnek olyan, elektromos árammal kapcsolatos műveleteket, mint például:

* 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 elektromos árammal működő eszközök használata esetén 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, ahogyan az az energiaváltozások esetében is megfigyelhető.

A forrás-fogyasztó szemlélet azt jelenti, hogy a gyermek gondolkodásában az áramforrás és a fogyasztó kapcsolata egyirányú, még nincs áramkör fogalom. 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 nincs elképzelése.

Az egyoldalú, forrás-fogyasztó szemlélet azonban másképpen is jelentkezhet. Amikor már kialakult a valódi áramkör fogalma, azonban az áram nem jár körbe, hanem a teleptől a fogyasztó felé folyik, s ott „ütközik” a két ágon „jövő” áram, s ez az oka például a világításnak. Ezt az elképzelést „ütközős modellnek” nevezik.

A fejlődés következő szintjén a diákok már valódi áramkört képzelnek 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). Két sorba kapcsolt izzó közül az egyik jobban világít a gyermekek szerint, mint a másik, akkor is, ha 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 a kísérletek és a tanári magyarázat hatására, hiszen a diákok megfigyelhetik, hogy az izzók egyformán világítanak, s ez elindíthat némi változást a megfelelő tudásrendszerben. Azonban a váltás egyáltalán nem könnyű. Egyrészt a tanulók egy része váltig állíthatja, hogy szerinte a második izzó gyengébben világít. Mondhatja azt is a tanuló, hogy olyan kicsi a különbség, hogy nem lehet észrevenni, de azért 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. Ez példa arra, hogy miként építenek be a tanulók új tapasztalatokat a meglévő, a tudományossal szöges ellentétben álló (a töltésmegmaradást el nem fogadó) képeik keretei közé.

A töltésmegmaradás egy fontos fogalmi váltás a gyermeki gondolkodás fejlődésében.

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 ez a 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”*, amiből az áramerősség és a feszültség fogalmainak összemosása következik (Nahalka 2002). Az alábbi két jelenség tanulói vizsgálata a fogalmi váltás létrejöttét hivatott segíteni.

##### 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.

##### 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.

Nahalka István (2002): A gyermektudomány elemei a fizikában. In: Radnóti Katalin (Szerk.): *A fizikatanítás pedagógiája*. Nemzeti Tankönyvkiadó. Budapest. 159-188.

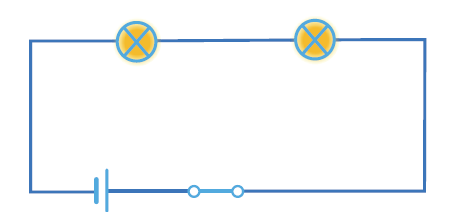
### Áramerősség mérése soros kapcsolás esetében

*Töltésmegmaradás törvénye*

Állítsátok össze az ábrán látható áramkört!

Feladat: az áramerősség mérése az áramkörben.

* Gondoljátok meg a következőket!
* Hány helyre lehetne bekötni a műszert?
* Mit gondoltok, a különböző helyre bekötött áramerősséget mérő műszerek egymáshoz képest milyen értékeket fognak mutatni? Írjátok le hipotéziseteket rövid indoklással együtt!
* Végezzétek el a méréseket!
* Azt kaptátok, amit vártatok?



Ténylegesen három helyre lehet bekötni a műszert. Egyszer az ábrán is látható módon közvetlenül a zsebtelep után, majd a két izzólámpa közé, végül az izzólámpák után.

A fenti vizsgálatot több osztályban elvégezték. Általában a diákok jelentős része várja, azt hogy különbözőek lesznek a mért értékek. Mégpedig a két izzó közt kisebb lesz az áramerősség. Indoklásul olyasmit szoktak mondani, hogy az első izzó miatt, mert az elfogyaszt valamennyi áramot.

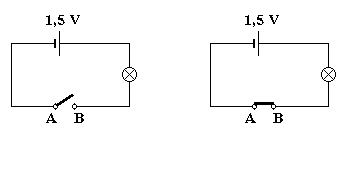
Meg kell jegyezni, hogy teljesen hasonló tévképzet előfordul még a középiskolai évfolyamokon is, amikor pedig már második alkalommal dolgozzák fel a tanulók a témákört. Az indoklások is hasonlóak. Vagyis a tévképzetek rendkívül tartósak tudnak lenni a diákok tudatában!

### Az áramerősség és a feszültség fogalmak differenciálása

Az alábbi feladat több felmérés során szerepelt.

Feladat

*Mit gondoltok, mekkora feszültség mérhető az AB pontok között ideálisnak tekinthető feszültségmérővel a vázolt két esetben?*



1) 2)

a.) 1,5V és 1,5V

b.) 0V és 0V

c.) 1,5V és 0V

d.) 0V és 1,5V

e.) Nem dönthető el, mert nem tudjuk az izzó ellenállását.

Építsétek meg az áramkört és végezzétek el a feszültségmérést a kapcsoló két állásában!

Azt mértétek, amit vártatok?

Indokoljátok meg az eredményeket!

A helyes C válaszlehetőség megjelölése szinte minden felmérésben a véletlenszerű választásból adódó 20 % alatt szerepelt, ami arra utal, hogy ebben az esetben valódi tévképzetről van szó. Holott ez valójában a lehető legegyszerűbb áramkör (áramforrás, fogyasztó, kapcsoló és a szükséges vezetéket).

Fontos, hogy a közoktatásban a tanulói feldolgozás során a diákok ténylegesen építsék meg az alábbi áramkört, és mérjék is meg a feszültségeket!

A diákoknak mérni kell a feszültséget az *AB* pontok között a két esetben, tehát a kapcsoló nyitott és zárt állása esetében. A feladat több osztályban került kipróbálásra.

A zárt állás esetében természetesen 0 V-ot mutat a műszer, hiszen az csak egy vezetődarab, melyen alig esik feszültség. Ez többek számára érthetetlen volt, mivel a lámpa világított. Többen a tanárhoz fordultak azzal, hogy elromlott a műszer. A tanár ténylegesen többször ki is cserélte a műszert. Míg végül rájöttek a diákok, hogy az valójában jól működik.

Segítség lehet, ha a megkérjük a diákokat, hogy mérjék meg a fogyasztón eső feszültséget is mindkét esetben.

A diákok döntő többsége pontosan fordítva ítéli meg a kapcsoló kivezetésein meglévő feszültségeket, mint ahogy azt a fizika teszi. A diákok a nyitott kapcsolónál 0 V-ot várnak, a zárt kapcsolónál 1,5 V-ot.

A tanulók a feszültség fogalmával ismerkedve, magukban nem a tudományos elképzeléseknek megfelelően konstruálják meg a feszültség fogalmát, hanem lényegében *azonosítják azt az áramerősséggel*. A feszültség a diákok gondolkodásában 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 tanulók elképzelései szerint 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 a 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 sokszor nagyon lényegesen különbözhetnek a tudományos nézőpontoktól*.

Foglaljuk össze, milyen gondolkodási folyamat okozhatja a fent bemutatott feladat megoldása során a problémákat?

* A tanulók az elektromos jelenségeket a vezetőkben folyó árammal, az elektronok mozgásával azonosítják.
* 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.
* A folyamatokat azonban az elektronáram határozza meg egy szekvenciális modell keretében, *lokálisan* kifejtve az áramköri elemekre a hatását.
* 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, miszerint a két fizikai mennyiség azonos).

A tanítás során jó megoldás lehet az *elektromos mező* fogalmából kiindulni. Ez nem nagy felfedezés, a tankönyvek egy része már régóta ezt teszi, s természetesen az elektromosságtan magasabb szintű felépítései során (egyetem, főiskola) is így járnak el. A gyerekek az elektromos jelenségeket nagyon erősen az áramhoz kötik, melyben egy mechanikai modell, az elektronok vezetőkben való áramlásának modellje szolgál a megértés keretéül. Pedig az elektronok áramlása 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.

A jelenség példa a differenciálatlan fogalom-együttesek jelenlétére. A tanulók gondolkodásában a töltés, áram, áramerősség, feszültség fogalmak 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.

### Ohm törvénye

* Milyen tényezőktől függhet a vezetődrót ellenállása?
* Alkossatok hipotéziseket, majd tervezzetek mérést azok vizsgálatára!
* Hipotéziseteket próbáljátok matematikai formában is megfogalmazni, például egyenes vagy fordított arányosság.

Rendelkezésre álló eszközök: multiméter, banándugók, áramforrás, különböző anyagú és hosszúságú vezetődarabok

A megvalósítás egy lehetséges módjaként leírunk egy konkrétan megtörtént órarészletet, mely egyben tartalmazza kicsit annak a kritikáját is. A tényleges mérést a tanár végezte, de a diákok aktív bevonásával.

Az óra témája az lesz, hogy megvizsgáljuk, mitől függhet a vezető ellenállása – vezette fel az órát a tanár egy 9. évfolyamos osztályban, de a diákok először tanultak erről.

Egyik diák rögtön mondta, gyakorlatilag kérdezés nélkül, hogy „*Minél hosszabb a vezető az ellenállás annál nagyobb lehet*.” Vagyis már némileg matematikai alakban fogalmazta meg a hipotézist.

Elkezdték a mérést. Először a *vezető hosszát* változtatták az erre szolgáló demonstrációs eszköz segítségével, és a multiméterrel rögtön a vezetődarab ellenállást mérték:

*R*1 = 16,3 Ώ , majd *R*2 = 32,1 Ώ és végül *R*3 = 48,5 Ώ

A gyerekek megfogalmazták, hogy valóban egyenes arányosság van a két mennyiség között.

*Valójában a 3. esetben már számszerű becslést is lehetett volna kérni*.

A *vezető keresztmetszetétől* való függés esetében kétféle hipotézis is felmerült.

Az egyik diák egyik egyenes, míg a másik fordított arányosságra tippelt.

Ezt követően az erre szolgáló demonstrációs eszköz segítségével, a multiméterrel rögtön az egyszeres, majd a kétszeres (két drót), végül a háromszoros keresztmetszetű (3 drót) vezető ellenállását mérték meg:

*R*1 = 16,4 Ώ , majd *R*2 = 8,2 Ώ és végül *R*3 = 5,8 Ώ

A gyerekek megfogalmazzák, hogy fordított arányosság van.

*Valójában a 3. esetben már számszerű becslést lehetett volna kérni ebben az esetben is*.

A harmadik eset a *vezető anyagától* való függés, melyet azonos hosszúságú és keresztmetszetű réz és kantáldrót segítségével vizsgálták.

Azt, hogy két mennyiség egymással egyenesen arányos, úgy szokás belátni, hogy megnézik a hányadosukat. Ez ebben az esetben nem látható még ennyire tisztán, de az alábbi definíció alapján a 2. mondatban foglaltak már vizsgálhatók.

„Az **egyenes arányosság** két együtt változó mennyiség közötti kapcsolatot fejez ki. A matematikában akkor mondjuk, hogy két mennyiség egyenesen arányos, ha hányadosuk állandó. Ekkor, ha az egyik mennyiség megduplázódik, akkor a másik mennyiség is megduplázódik. Általában, ahányszorosára nő az egyik mennyiség, annyiszorosára nő a másik.”

Az 1. mondat alapján is belátható. *R = ρ.l/A* , innen *R/l* = *ρ/A* , vagyis adott anyagi minőség esetében állandó keresztmetszet mellett a két mennyiség hányadosa állandó.

Ebből az is szépen látszik, hogy mindig úgy kell vizsgálni a jelenségek különböző tényezőktől való függését, hogy egyszerre csak egy tényezőt változtatunk, a többit állandónak tartjuk.

*Miért nem növekszik az áramerősség állandó feszültség hatására? Miért nem gyorsulnak a töltések?*

A kérdés fontos, bár a diákok ritkán szokták feltenni, hiszen a newtoni szemlélet alapján egyre növekednie kellene az áramerősségnek, mivel a töltéseknek gyorsuló mozgást kellene végezni. Ez vákuumban ténylegesen így is van, de itt az elektronok egy „közegben” mozognak.

Az áram átjárta vezető belsejében az áram irányával megegyező irányú **E** elektromos térerősség van jelen. Áram hiányában az elektrosztatika törvényei értelmében a térerősség zérus a vezető belsejében. Fejezzük ki Ohm törvényét a térerősség segítségével! Ehhez vezessük be a *j = I/A* áramsűrűséget, vagyis az egységnyi keresztmetszetre vonatkoztatott áramerősséget!



Ez Ohm törvényének differenciális alakja: homogén és izotróp vezető belsejének bármely pontjában az áramsűrűség az ottani elektromos térerősség és a fajlagos vezetőképesség szorzatával egyenlő. Az áram iránya a térerősség irányával azonos, az áramsűrűség vektor. Vektoriális formában:

**j** = *σ***E** .

Amennyiben egy lineáris fémes vezetőre feszültséget kapcsolunk, a fém belsejében gyakorlatilag azonnal kialakuló **E** térerősség következtében mindegyik elektronra -*e***E** erő hat, aminek következtében az elektron gyorsuló mozgást fog végezni a térrel ellentétes irányban. Azonban sebessége csak egy darabig nő, viszonylag hamar állandó lesz. Ezt az állapotot írja le az Ohm törvény. A probléma teljesen hasonló ahhoz a mechanikai problémához, amikor a súrlódási erő arányos a sebességgel, *αv*, ahol *α* egy arányossági tényező. Elektromos rendszerek esetében ez a legtöbb fémre nagy pontossággal érvényes. A mozgásegyenlet a következőképp írható fel:

*eE = αv* .

Az elektronok *sebessége végül állandó* lesz: ,

ahol a *μ = e/α* az elektronmozgékonyság. *Az elektronok áramlási sebessége tehát arányos a térerősséggel*.

A lineáris fémes vezető *A* keresztmetszetén *dt* idő alatt az *Avdt* térfogatban lévő elektronok lépnek át. Ha térfogategységenként *n* az elektronok száma, akkor a felületen átlépő elektronok száma *nAvdt* , töltésük pedig *dq = enAvdt* . Fejezzük ki ezekkel a mennyiségekkel az áramsűrűséget:



Ohm törvényének differenciális alakjának felhasználásával láthatjuk, hogy a fémek fajlagos vezetőképessége a vezetési elektronok koncentrációjával, mozgékonyságával és az elemi töltés szorzatával egyenlő.

Az áram a feszültség bekapcsolásakor gyakorlatilag azonnal megindul a vezető minden részében, mivel az elektromos mező, amely megindítja az elektronok áramlását, közel fénysebességgel terjed a vezetőben.

Becsüljük meg az *elektronok mozgási sebességét* az áramtól átjárt vezetőben!

A becsléshez használjuk fel a *j = env* összefüggést!

Vegyünk egy 1 mm2 keresztmetszetű rézdrótot melyben 1 A áram folyik!

*j* = 1 A/mm2 = 106 A/m2 , *e* = 1,6.10-19 C , a vezetésben résztvevő elektronok számát a rézatomok számával vegyük egyenlőnek! A réz móltömege 63,57 g, sűrűsége 8,9.103 kg/m3 , innen kiszámítható, hogy *n* = 8,4.1028 darab. Az elektronok sebessége innen:

 m/s , vagyis igen kicsi.

Az itt leírtak természetesen nem képezik még az emelt szintű érettségi követelményeit sem, mindössze a kollégák tájékoztatására írtuk le, mivel érdeklődő tanulók esetében felmerülhet a kérdés.

### Oersted kísérlet, az áram mágneses terének felfedezése

A témakör feldolgozásához *egyik* lehetőségként kis tudománytörténeti összefoglalót javaslunk. Olvassák el a diákok, majd beszéljék meg a szöveg utáni kérdésekre adható válaszokat! Ez történhet csoportmunkában, majd utána osztály szintű megbeszélés.

A szöveg feldolgozását követően érdemes a vizsgálódást elkezdeni. Először egyenes áramjárta vezető mágneses terét nézzék meg, majd még néhány lehetséges formát, mint körvezető, tekercs és toroid.

A tanulók érdeklődésének fenntartására és egyben gondolkodásának fejlesztése céljából érdemes az egyes vezetékformák mágneses terének *bemutatása előtt* megbeszélni azt, hogy milyen szerkezetű mezőre számítanak a diákok! Mit várnak?

* Milyen lehet az áramjárta vezeték körüli mágneses mező, ha az egyenes vezetőt elkezdjük meghajlítani, majd kört formálunk belőle?
* Hogyan alakul a mező szerkezete, ha nem egy darab kör alakú vezetőkeretet alakítunk ki, hanem többet (tekercs)?
* Hogyan alakul a mező szerkezete, ha a tekercset is kör alakúra hajlítjuk (toroid)?

1820 tavaszán Oersted előadást tartott diákjainak, amikor meglepő dolog történt. Oersted azt kívánta bemutatni, ahogyan az elektromos áram felmelegít egy platinavezetéket. A kísérleti asztalon azonban egy iránytű is volt, amikor a fenti bemutatót elkezdte. Amikor bekapcsolta az áramot a vezetékbe, azt vette észre, hogy az iránytű egy pillanatra megrezzent, majd kissé elfordult. Amikor pedig kikapcsolta az áramot, az iránytű visszatért eredeti helyzetébe.

Ezt követően szisztematikus kísérletezésbe kezdett az elektromos áram által az iránytűre ható erővel kapcsolatban. Arra volt kíváncsi, hogy az vonzó- vagy taszítóerőként hat-e a mágnesre. Ezért elmozdította a vezetéket, és a mágnestűhöz képest fölé, mellé, alá helyezte. Megfordította az áram irányát is. Két vezetéket alkalmazott egy helyett. Minden változtatás után megfigyelte az áram hatását a mágnestűre.

Végül rájött, hogy az áram mind vonzó-, mind taszítóerőt létrehoz egyszerre, a hatás a mágnestű és a vezeték kölcsönös helyzetétől függ.

Több hónapos kísérletezés után megállapította, hogy az elektromos áram által keltett mágneses erő egy teljesen újfajta erő, ami különbözik minden más erőtől, amit Newton leírt. Ez az erő nem egyenes vonalban fejtette ki hatását, hanem egy kör mentén a vezeték körül, amiben az áram folyt. A következőket írta: „*Világosan látszik, hogy az elektromossággal átjárt vezetékek mágneses tulajdonságot mutatnak.*”

* Milyen jelenséget tapasztalt Oersted?
* Milyen kérdéseket tett fel?
* Milyen további kísérleteket végzett el?
* Hogyan végezte a kísérleteket?
* Milyen következtetésre jutott?
* Végezzétek el Ti is a fenti kísérleteket!

Rendelkezésre álló eszközök: banándugók, áramforrás, kis mágnesek, vasreszelék, vezetődrótok, melyeket lehet hajlítgatni, különböző menetszámú tekercsek, toroid

A témakör *másfajta* feldolgozási lehetőségében a tudománytörténeti szöveget nem az elején olvastatjuk el a diákokkal, hanem később, esetleg tanulói kiselőadás formájában kerülhet elő. Lehet a kísérletekkel kezdeni a feldolgozást néhány bevezető kérdést követően.

A kísérletek feldolgozása történhet tanulókísérletként, de akár frontális demonstrációként is. Azonban a tanulói hipotézisalkotás mindenképpen történjen meg.

Bevezető, segítő kérdések?

* Mit gondoltok, van-e kapcsolat az elektromos és a mágneses kölcsönhatás között?
* Hogyan tudnánk ezt megvizsgálni?
* Mi hozza létre az elektromos mezőt?
* Mire hat az elektromos mező?
* Miben hozzuk létre az elektromos mezőt? (pl. kondenzátorlemezek közt, fémes vezetőben stb.)
* Mi az elektromos áram?
* Hogyan tudunk elektromos áramot létrehozni?
* Milyen anyagok vezetik az elektromos áramot?
* Egy árammal átjárt fémes vezető körül esetlegesen létrejött mágneses mező hogyan mutatható ki?

Tervezzétek meg a kísérletet!

Mit vártok, mit fogtok látni?

Végezzétek el a kísérletet!

Vonjátok le a következtetést!

Vessétek össze az előzetes hipotézissel!

**További vizsgálatok**

*Milyen alakú lehet a vezető?*

Kezdjétek el hajlítgatni a vezetődrótot, és vizsgáljátok meg a körülötte kialakuló mágneses mező szerkezetét! Először hozzátok létre a kívánt alakot, majd utána kapcsoljátok az áramforrásra.

A vizsgálatok előtt mindig fogalmazzátok meg, milyen jellegű mezőre számítotok!

Lehetséges vezetőalakok:

* Egyenes vezető kör alakúvá hajtása,
* több körvezető hajtogatása, tekercs.

Vizsgáljátok meg a kísérleti készletben lévő különböző menetszámú tekercsek által kialakított mágneses mezőt!

Mit vártok, hogyan változik a mező a tekercs menetszámának növekedésével?

Hasonlítsátok össze a különböző jellegű mágneses mezőket, mint

* áramjárta egyenes vezető,
* körvezető,
* tekercs,
* rúdmágnes,
* patkó alakú mágnes által létrehozott mező!

Rajzoljátok le a mágnese mezőket a különböző esetekben!

Elő lehet-e állítani „homogén” mágneses mezőt?

### Milyen erős az elektromágnes?

Vastárgyak felemeléséhez sok esetben alkalmaznak elektromágnest. Amikor fel akarják emelni például a bontásra ítélt autót, akkor bekapcsolják az áramot, majd amikor a megfelelő hely fölé emelték, akkor kikapcsolják, és az leesik.

*Milyen tényezőktől és hogyan függhet az, hogy egy elektromágnes mekkora terhet képes felemelni?*

Tervezzetek vizsgálatot a kérdés megválaszolásához!

Rendelkezésre álló eszközök: banándugók, áramforrás, vasszegek, gémkapcsok, vezetődrótok, melyeket lehet hajlítgatni, különböző menetszámú tekercsek, mérleg, különböző alakú vasmagok, alumíniumrúd, rézrúd, fadarab pl. ceruza, áramerősség mérő, mérőszalag

Alkossatok hipotéziseket!

Gondoljátok át, miként fogjátok a kapott adatokat rendszerezni!

Végezzétek el a kísérleteket!

Vonjátok le a következtetéseket!

Vessétek össze az előzetes hipotézisekkel!

Nézzetek utána annak, hogy elméletileg miként is függ az elektromágnes maximális tartóereje a különböző tényezőktől! A ti méréseitek mennyiben támasztották ezeket alá?

Lehetséges megoldások

A tanulói *hipotézisalkotás* terjedjen ki a tekercs adataira, mint meneteinek számára, a tekercs hosszára, arra, hogy milyen anyag van a tekercsben, vasmag esetében annak alakjára (rúd, patkó alakú stb.), és az áram erősségére is. Egyes esetekben, mint áramerősség, menetszám, hossz lehet kérni a hipotézis matematikai alakban történő megfogalmazását is (pl. egyenes, vagy fordított arányosság, négyzetes függés stb.). A hipotézisek összegyűjtését érdemes rövid csoportmunkás feladatként kiadni, majd utána osztály szinten is megbeszélni. Ezt követően az egyes csoportok különböző jellemzőket vizsgáljanak! A megfelelő kísérlettervezést is a csoportok végezzék!

Néhány esetben szerepeljen mérőkísérlet tervezése is, még abban az esetben is, ha ténylegesen nem is kerül sor magának a mérésnek az elvégzésére.

A vizsgálatokat, vagy legalább is azok egy részét a tanulók úgy végezzék, hogy a kiadott vezető drótokból ők maguk hajtogatják össze a különböző menetszámú tekercseket, és helyeznek a tekercsek belsejébe különböző anyagokat! Ezek lehetnek például ceruza, alumíniumrúd, rézrúd, vasszeg, vagy éppen semmi, azaz levegő, különböző alakú vasból készült tárgy stb.

Ezeket az elkészített tekercseket kapcsolják össze zsebteleppel és nézzék meg, hogy a különböző elrendezésekben mennyi gémkapcsot, vagy vasszeget képes felemelni! (Az áramerősségtől való függés természetesen a zsebteleppel nem vizsgálható.)

Ezt követően érdemes az iskolai készletben található tekercsekkel is elvégezni a kísérleteket, esetleg már frontális jelleggel. Amennyiben sok vasszeget, illetve gémkapcsot emel fel az elkészült elektromágnes, akkor érdemes azok tömegeit lemérni, és úgy végezni az összehasonlításokat.

A következő táblázat készülhet

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **A felemelt tömeg**  (kg, vagy gémkapcsok száma) | A *tekercs* menetszáma | A *tekercs* hosszúsága | A *tekercsben* folyó áram erőssége | A tekercsbe helyezett *tárgy* alakja | A tekercsbe helyezett *tárgy* anyaga |
|  |  |  |  |  |  |

Az elmélet szerint az elektromágnes tartóereje a következőképp függ az egyes tényezőktől:

,

ahol *µ*0 a vákuum permeabilitása, *µ*r a behelyezett anyag permeabilitása, *n* a tekercs menetszáma, *I* az áramerősség, *l* a tekercs hossza és *A* a behelyezett anyag keresztmetszete.

Tehát amint látható, elég nehéz az arányokat kimérni. Az látható az összefüggésből, hogy mivel a behelyezett anyag keresztmetszete szerepel, így ez mutatja, hogy az emelőerő függ attól, hogy milyen alakú a test. Például nagyobb az emelőerő, ha rúd alakú vasmag helyett patkó alakút helyezünk a tekercsbe. A patkó egyik szára kerül ekkor a tekercsbe. És az is nyilvánvaló, hogy a fa, réz és az alumíniumnak nincs hatása, csak a vasból készült tárgyaknak.

Az várható, hogy a *menetszám és az áramerősség* növelésével nő az emelőerő. Az viszont érdekes, hogy a *függés nem lineáris, hanem négyzetes*.

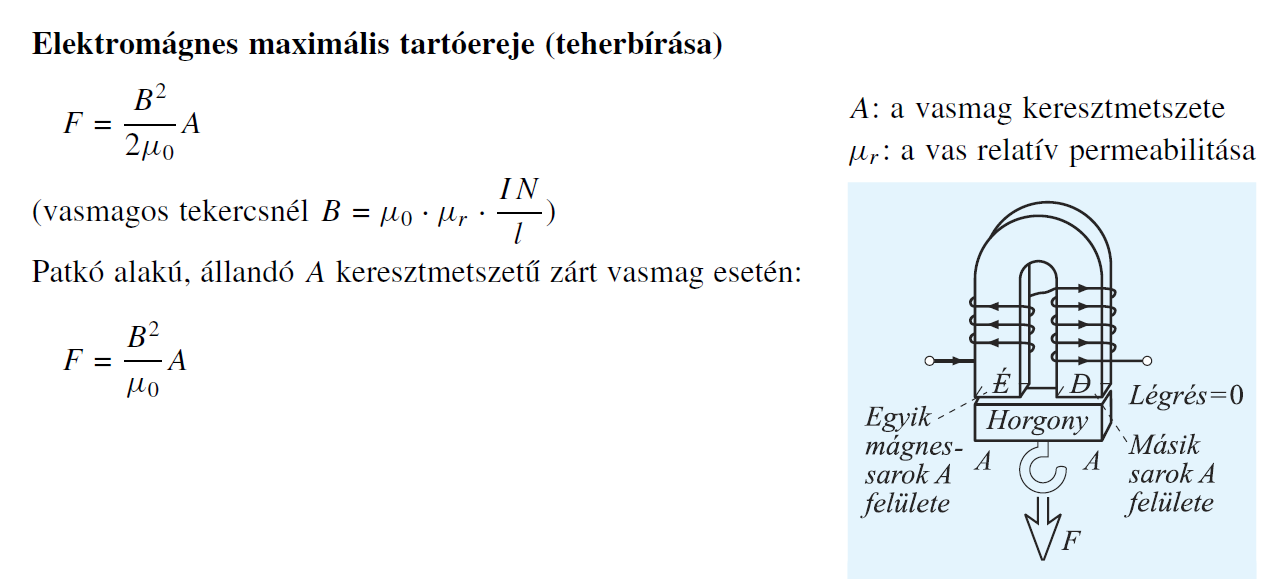
A tekercs hosszával való függés sem egyszerű fordított arány.

Érdemes néhány mérésből álló méréssorozatot végezni és az adatokat Excelben ábrázolni és függvényt illeszteni azokra.

Annyit mindenképpen érdemes megjegyezni, hogy ebben az esetben nem egyszerű egyenes, vagy fordított arányban való függésről van szó.

Fentebb csak az egyszerű hosszúkás tekerccsel történő vizsgálatról írtunk, de természetesen érdemes egyéb elrendezéseket is vizsgálni, mint például patkó alakú vasmagra helyezett két tekercset.

A Függvénytáblázat szerint (Nemzeti Tankönyvkiadó 2010.):



Analógiák az elektromos és a mágneses mező esetében

A Biot-Savart törvény szerint az árammal átjárt vezető elegendően rövid Δ*l* hosszúságú szakasza által a vele α szöget bezáró, *r* távolságra lévő *P* pontban keltett Δ*B* mágneses indukcióvektor egyenesen arányos az áram erősségével, a vezetékszakasz hosszával, valamint az α szög szinuszával, és fordítottan arányos az *r* távolság négyzetével:

\Delta B = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\Delta l}{r^2} \sin \alpha.

Az *I∆l* a pontszerűnek tekinthető áramelem vektor, mely által létrehozott mágneses mező távolságfüggése 1/r2 –es, mint általában a pontszerű testek esetében.

A tetszőleges alakú áramvezető által keltett mágneses teret jellemző **B** [mágneses indukcióvektort](http://hu.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1gneses_indukci%C3%B3) egy tetszőleges *P* [pontban](http://hu.wikipedia.org/wiki/Pont_(geometria)) úgy kaphatjuk meg, hogy az I d\mathbf{l} áramelem vektorok által létrehozott d**B** [mágneses indukcióvektorokat](http://hu.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1gneses_indukci%C3%B3) összegezzük, integráljuk. Ez nem tananyag a közoktatásban, célunk az analógia bemutatása volt.

Érdekességként nézzünk egy picit bonyolultabb esetet az analógiára, amikor a mezőt kialakító entitásokat egy egyenes mentén rendezzük el, miként alakul az általuk kialakított mező, melyet úgy kaphatunk meg, hogy a sok –sok pontszerű töltés, illetve „áramelem-vektor” által kialakított térerősséget összegezzük.

Töltéssel rendelkező egyenes vezető által kialakított elektromos mező:

Vegyük körül a *σ* töltéssűrűségű vezetődarabot *l* hosszúságban és *r* távolságban egy hengerrel!

Áramjárta egyenes vezető mágneses tere:

A vezetőben folyó áram erőssége *I*, és az *r* távolságban a mágneses indukció értéke a gerjesztési törvény alkalmazásával:

*B*.2.*π.r = μ.I*

Mindkét esetben 1/*r* – es távolságfüggés adódik. Az egyik esetben a sok, pontszerűnek vélt elemi töltés által kialakított elektromos mező, míg a másik esetben a sok, szintén pontszerűnek tekinthető áramelem vektor által kialakított mágneses mező esetében azonos a távolságfüggés. A mező szerkezete természetesen más. Az elektromos erővonalak az elektromosan töltött vezetőre merőlegesek, irányításuk a töltés előjelétől függ. Míg a mágneses indukcióvonalak körkörös szerkezetűnek képzelhetők. Képzelhetők, hiszen ezt a „segédletet” csak a mezők szerkezetének szemléltetéséhez használjuk.

Fakultációs órán, szakkörön, a matematikai alapokat is tanuló diákok számára természetesen érdekes lehet a fenti gondolatmenet.

### Az elektromágneses indukció felfedezése

Az áramnak van mágneses hatása, az áramvezetőt mágneses mező veszi körül, melyet Oersted 1820-as vizsgálataiból lehetett tudni. Vagyis az elektromos mező hatására mozgásba jövő töltések maguk körül mágneses mezőt hoznak létre. Az a gondolat, hogy a mágnességnek elektromos áramot kell létrehoznia, mivel az elektromos áram is létrehoz mágnességet, ebben az időben már a levegőben volt. Faraday megszállottan kutatta a jelenség megfordításának módját.

Idézetek Faraday Naplójából

1822.

*„Alakítsd át a mágnességet villamossággá.”*

1831. augusztus 29.

*„A B oldalon levő tekercsekből egy tekercset csináltam, végeit pedig összekötöttem rézdróttal, amely közvetlenül egy mágnestű fölött haladt el (3 láb távolságra a vasgyűrűtől). Azután összekötöttem az A oldali egyik tekercs végeit a teleppel; azonnali hatás mutatkozott a tűn. Rezgett, és végül az eredeti helyzetben került nyugalmi állapotba. Mikor megszakítottam az A - oldal kapcsolását a teleppel, ismét jelentkezett a tű ingadozása."*

Vagyis mai szóhasználatunkkal az egyik tekercsen áthaladó elektromos áram egy, a közelben lévő másik tekercsben áramot indukált.

1831. október 17.

*„57. Kísérletek 0 - val. A henger egyik végén levő 8 tekercsvégződést megtisztítottam, és nyalábbá kötöttem össze. Ugyanígy a másik 8 végződést is. Ezeket az összekötött végeket aztán hosszú rézdrótok segítségével a galvanométerrel kötöttem össze - azután egy 3/4 hüvelyk átmérőjű és 8 1/2 hüvelyk hosszú henger alakú rúdmágnes egyik végét bedugtam a henger alakú tekercs végébe - utána gyorsan egész hosszában bedugtam, amire a galvanométer tűje megmozdult, amikor kihúztam a tű ismét megmozdult az ellenkező irányban. Ez a hatás minden alkalommal megismétlődött, ha a mágnest a hengerbe tettem, vagy onnan kivettem, és ennek következtében elektromos hullám keletkezett pusztán a mágnes közelítése miatt, nem pedig attól, hogy ott van a mágnes.*

*58. A tű nem maradt meg elfordult helyzetében, minden alkalommal visszatért a helyére. A mozgások sorrendje a fordítottja volt az előző kísérleten sorrendjének - a mozgás iránya megfelelt az előző kísérletnek, vagyis a tű igyekezett a gerjesztő mágnessel párhuzamos helyzetbe kerülni, mivel a drótnak és az azonos nevű pólusoknak ugyanazon oldalán volt, ugyanabban az irányban.”*

* Mi volt Faraday kutatási kérdése? Milyen feladatot tűzött maga elé?
* Milyen vizsgálatokat végzett?
* Milyen eszközöket alkalmazott?
* Milyen eredményeket kapott?
  + Milyen mérőműszert használt?
  + Hogyan mutatta ki a keresett jelenséget?
* Ismételjétek meg Faraday kísérleteit!
* Terjesszétek ki Faraday vizsgálatainak körét! Milyen függéseket vizsgálnátok még?
* Alkossatok hipotéziseket, mitől és hogyan függhet az indukált elektromos mező!

Az elektromos áram indukálása a tekercsben dinamikus jelenség. Az áram csak addig létezett, ameddig Faraday a mágnest betolta vagy kihúzta a tekercsből. Sok fizikus igyekezett megfigyelni a hatást, de csak statikusan elrendezett mágnesekkel, drótokkal próbálkoztak.

A Faraday által elvégzett vizsgálatok sorát természetesen érdemes kiterjeszteni. Célszerű vizsgálni a tekercs *menetszámától* való függést, *egy-vagy több rúdmágnest* ki- és betolni, *gyorsabban és lassabban* ki- és betolni stb. Az egyes jelenségek megfigyelése előtt mindig alkossanak előrejelzéseket a tanulók!

Kutatási feladatok*:*

* Menjetek be egy elektrotechnikai boltba és nézzétek meg, hogy milyen ellenállásokat, kondenzátorokat lehet ott kapni! Melyik milyen célra használható?
* Nézzetek utána, hogy milyen szenzorokban, mérőberendezésben alkalmaznak kondenzátort, illetve tekercset. Az áramkör milyen jellemzője változik meg?

1. A kutatást a Magyar Tudományos Akadémia Tantárgypedagógiai Kutatási Programja támogatta. [↑](#footnote-ref-1)