



A Természettudományos Oktatásért
Szabó Szabolcs Emlékére Közhasznú Alapítvány
Charitable Foundation for Natural Sciences Education in Memoriam Szabó Szabolcs

TUDÁS. KÖZÖSSÉG. ÉRTÉK.

FIZIKA MOBILLABOR

KÉZIKÖNYV TANÁROKNAK



Második, bővített és átdolgozott változat

**Budapest
2025**

A kísérleteket összeválogatta és a leírásokat összeállította:

DR. SZAKMÁNY CSABA

- szakmai vezető, A Természettudományos Oktatásért Szabó Szabolcs Emlékére Közhasznú Alapítvány (www.sz2a.hu)
- fizika-kémia szakos tanár, Premontrei Iskolaközpont, Gödöllő

A második kiadást átdolgozta:

MÉSZÁROS PÉTER

- az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Győr-Moson-Sopron vármegyei elnöke
- a Pápai Református Gimnázium fizika-informatika szakos tanára

Lektorálják:

A Fizika Mobillabor Projekt második évének fizikatanárai:

- ALBERTUSZ TIBOR (Kazár)
- BENYHE LÁSZLÓ (Budapest)
- DARVAS JÓZSEF (Salgótarján)
- KISS PÉTER (Szentés)
- MÉSZÁROS PÉTER (Győr-Pápa)

Felhasznált források:

1. JENEI PÉTER (SZERK.): Fizikai kísérletek általános és középiskolában ELTE 2020. http://demlabor.elte.hu/uploads/pages/54/documents/Jegyzet_demlab_vegso.pdf (Utolsó megtekintés: 2024. 01. 10.)
2. JUHÁSZ ANDRÁS (SZERK.): *Fizikai kísérletek gyűjteménye 1.* Arkhimédész Bt., Budapest. 2001.
3. JUHÁSZ ANDRÁS (SZERK.): *Fizikai kísérletek gyűjteménye 2.* Arkhimédész Bt. – Typotex Kiadó, Budapest, 1995.
4. ÖVEGES JÓZSEF: *Az élő fizika I.* Móra Kiadó, 2007.
5. ÖVEGES JÓZSEF: *Az élő fizika II.* Móra Kiadó, 2010.
6. ÖVEGES JÓZSEF: *Kísérletezzünk és gondolkozzunk! I.* Móra Kiadó, 2006.
7. ÖVEGES JÓZSEF: *Kísérletezzünk és gondolkozzunk! II.* Móra Kiadó, 2008.
8. STONAWSKI TAMÁS: *Trükkös fizika* Mozaik Kiadó, Szeged, 2016.
9. SZAKMÁNY CSABA – RÁKÓCZI MELINDA: „Premistry” természettudományos népszerűsítő sorozat Második rész; *Magyar Kémikusok Lapja* 2018/5., 166-171. oldal https://www.mkl.mke.org.hu/images/Dokumentumtar/Oktatas/Modszertani_torekvesek/MKL_2018-majus_SzakmanyCs-RakocziM_Premistry2.pdf (Utolsó megtekintés: 2024. 01. 10.)
10. SZAKMÁNY CSABA: *Kémia Mobillabor – Kézikönyv tanároknak Sz2A Alapítvány, Budapest, 2020.* https://sz2a.hu/wp-content/uploads/2020/02/Mobillabor_kezikonyv_2020-1.pdf (Utolsó megtekintés: 2024. 01. 10.)
11. SZAKMÁNY CSABA – VASS VIRÁG – VASZIL LÁSZLÓNÉ: *A természettudományok lenyűgöző világa – Ovilabor, sulilabor. Kézikönyv pedagógusoknak.* ELTE, Budapest, 2021. https://sz2a.hu/wp-content/uploads/2020/02/Ovilabor_Sulilabor_Kezikonyv_EFOP.pdf (Utolsó megtekintés: 2024. 01. 10.)
12. FÁBIÁN ERIK fizikatanár személyes közlései, ötletei.
13. ALBERTUSZ TIBOR, BENYHE LÁSZLÓ, DARVAS JÓZSEF, KISS PÉTER, MÉSZÁROS PÉTER személyes közlései, ötletei.

Előszó a Kézikönyv második változatához

Nagy örömmel nyújtom át az érdeklődő Olvasóknak, a kísérletsorokat hasznosító, foglalkozásokon bemutató és a tanulókat azokba bevonó pedagógusoknak a Fizika Mobillabor Kézikönyv megújított, kibővített változatát.

2022-ben kezdtünk együttműködő partnerünkkel, a Semilab Zrt-vel egyeztetni arról, hogy milyen módon juttathatnánk el közösen a fizika kísérletezés örömeit minél több általános iskolai fizikaórára. A „nulladik” pilot évben félvezetőtechnikai eszközökre fókuszáló bemutatókat tartottunk, majd kialakítottuk a Fizika Mobillabor koncepciót és kísérletlistát, amely sokban épített a 2019 óta működő Kémia Mobillabor tapasztalataira is. Ezt először 2024 tavaszán, a 2023-24 tanév második felében próbálta ki az első körben csatlakozott öt kitűnő fizikatanár kolléga, majd a 2024-25-ös tanévben már teljes évet tudtak végig vinni összesen tíz 7-8. osztályos osztályban az ország különböző pontjain.

Ennek az élesben tesztelt másfél évnek a tapasztalataira épül a Kézikönyv 2.0. A kísérletsorok kibővülnek, némileg átalakulnak, de továbbra is ugyanazt a célt szolgálják: tematikusan segítsék a 7-8. osztályokban a fizika tananyag átadását, minél érdekesebb gyakorlati ismeretekkel, és ahol csak lehet, a tanulók bevonásával a kísérletezésbe.

Eközben a 2025-26-os tanévtől tovább tudjuk bővíteni a programot, két új csatlakozó fizikatanárral, így már 14 csoportban fogjuk indítani, és persze egyben tovább próbálgatni, tesztelni az új sorokat.

Végül, némi kiegészítő háttérként: 2025 őszén közel 40 fős kémiantár csapatunkkal indítjuk a Kémia Mobillabor újabb tanévet is, amely nemrég megtartotta az ezredik foglalkozást. Közben a kicsiket elérő Ovilabor-Sulilabor kezdeményezés is szépen növekszik: harmadik évében nyolc kolléga tart nagycsoportosokkal és első-második osztályosokkal foglalkozásokat az ország több pontján. Dolgozunk azon is, hogy a 3-6. osztályosok évfolyamai számára is módszertani ötletekkel és kísérleti sorokkal segíthessünk a környezetismeret és természettudomány órák színesítésében.

Mindenkinek jó szórakozás és tanulást kívánok a Fizika Mobillaborhoz!

Budapest, 2025. szeptember 9.

Holtzer Péter

alapító, elnök

A Természettudományos Oktatásért

Szabó Szabolcs Emlékére Közhasznú Alapítvány

Bevezető

A Fizika Mobillabor útjára indítása

A Természettudományos Oktatásért Szabó Szabolcs Emlékére Közhasznú Alapítvány 2019 szeptemberében indította útjára a Kémia Mobillabort. Ez a kezdeményezés egy régi hagyományon alapul, amit még a névadónk kezdett el jópár évvel ezelőtt, és amit az Alapítvány támogatók bevonásával továbbfejlesztett, kibővített. A Kémia Mobillabor Projekt első tanévében 13 kémiatanár járta az ország általános iskoláit, hogy kémiai kísérleteket mutasson be olyan diákoknak, akiknek másképp erre nem lenne lehetősége, pl. tanár-, iskolai eszköz- vagy vegyszerhiány miatt. A projekt első évének a koronavírus-járvány miatti karantén 2020 márciusában hirtelen vetett véget, de a program addig is nagyon sikeres volt: összesen 71 településre, kb. 2100 diákhoz jutott el a kísérletezés élménye. A fogadó iskoláktól, a résztvevő diákoktól rengeteg pozitív visszajelzés érkezett. A Kémia Mobillaborról az Alapítvány honlapján (<https://sz2a.hu/mobillabor/>) és a Magyar Kémikusok Lapjának 2020. július-augusztusi számában

(https://www.mkl.mke.org.hu/images/stories/downloads/2020/2020_0708.pdf) lehet bővebben olvasni. A járványhelyzet enyhülésével és megszűnésével a Kémia Mobillabor tovább folytatódik, azóta még több helyre jutott el, és immár 26 kémiatanár vesz részt benne. Mostanra (2024. január) 367 település 404 iskolájának 18130 diákjához jutott el a kísérletezés öröme, összesen 518 bemutató keretében.

A Kémia Mobillabor sikerein, rendkívül kedvező fogadtatásán, és hiánypótló szükségességén felbuzdulva fogalmazódott meg a Fizika Mobillabor Projekt útjára indításának igénye. Az Alapítvány célja, hogy minél több természettudományos tantárgyból kísérletezési lehetőséghez juthassanak a diákok, felkeltve így érdeklődésüket a természettudományok iránt és elindítani őket az ilyen irányú továbbtanulás útján, megadni a lehetőséget a kezdő lépésekre. Ezt a tervünket és kezdeményezésünket most felkarolta a Semilab Félvezető Fizikai Laboratórium Zrt., így anyagi és szakmai támogatásával el tudjuk indítani a programot.

A Fizika Mobillabor jellege kissé eltér a kémiás rokonaétól. A fizikai kísérletek jobban körülhatárolhatóan tartoznak egy-egy témakörbe, ezért is választottuk azt a koncepciót, hogy a fizika mobillaborozás során öt alkalommal visszalátogatunk egy-egy osztályhoz és a tanév során végighaladunk a fizika ágain, témakörein.

A leírások elkészítése során kifejezetten törekedtünk arra, hogy minél több kísérlet megvalósítható legyen a „semmiből”, azaz a háztartásban fellelhető eszközökkel, esetleg hulladékokkal. Bízunk benne, hogy ez a diákok számára szemléletformáló erővel is bír.

Ugyanakkor természetesen az is fontos, hogy a diákok lássanak „hivatalos” kísérleti eszközöket, valamint egy Fizika Mobillabor bemutató alkalmával olyan mérésekre, kísérletekre is lehetőségük legyen, amire egy normál tanórán egyébként nem. Ezek a kísérleti eszközök általában meglehetősen drágák, de támogatóknak köszönhetően lehetőségünk nyílt ezek beszerzésére és a diákoknak történő bemutatására.

Budapest, 2024. február 17.

Dr. Szakmány Csaba

Általános gondolatok a kísérletek elvégzéséhez

A kézikönyv kilenc tematikus kísérletsort ír le, elég tág merítéssel annak érdekében, hogy a lehető leguniverzálisabban használható legyen.

Mindegyik kísérletsor 4-14 közötti darabszámú kísérletet tartalmaz. A kísérletek összeállításának szempontjait ld. később.

Ha tematikus alkalmakat tervezünk, akkor egy szűk témához itt ajánlott kísérletek első közelítésben nem feltétlen fedik le a 45 perces foglalkozás időtartamát. Minden kísérletet csak egy, az általunk legjellemzőbbnek vélt témakörhöz soroltuk be. Viszont a legtöbb kísérlet legalább kettő, de néha három-négy témához is kapcsolható.

Ezért, ha véletlenül kevésnek éreznénk a szűkebb témához ajánlott kísérleteket, nézzünk körbe a többi témánál is! Plusz segítség, hogy a legtöbb kísérlethez olyan kiegészítő kísérleteket is ajánlottunk a „Variációk, fokozatok” kategóriákban, amelyek elvégzésével, bemutatásával már messze szétfeszítjük a tanóra időtartamát.

A Mobillabor dobozban ezeknek a kísérleteknek az elvégzéséhez szükséges eszközök és anyagok találhatók, megfelelő mennyiségben.

A kísérleteket bemutató tanár szabja meg, hogy a kísérletek közül melyiket mutatja be, melyiket hagyja ki, milyen mélységű magyarázatot fűz hozzájuk. Ehhez figyelembe kell venni a résztvevő diákok létszámát, előzetes ismereteit, életkorát, a terem felszereltségét és a rendelkezésre álló időt.

Fontos, hogy nemcsak látványos, hanem tanulságos kísérletek is szerepelnek. A kísérletek bemutatását minden esetben kövesse tanári magyarázat!

Mivel a kísérletek jó része közvetlenül kapcsolódik az iskolai ismeretekhez, ezért ez a füzet a magyarázatokat nem tartalmazza, a tanárookra bízuk, hogy saját szokásaik szerint megalkossák azokat. Egy-két különlegesebb anyagnál, jelenségnél, kísérletnél szerepelnek támpontok a magyarázathoz.

A bemutató kísérletek láthatósága megoldható egy stabil emelvénnel, vagy a technikai feltételek adottsága esetén kamerás kivetítéssel.

A tanulói kísérleteknél érdemes csoportokba osztani a diákokat vagy megkérni egy-két diákot, hogy ők mutassák be a kísérletet társaiknak, természetesen a tanár utasításai alapján. Csak kellően fegyelmezett társaság esetén vállalkozzunk ezekre!

Bár a Kémia Mobillabor már évek óta sikeresen működik az országban, hasonló koncepció szerint, a Fizika Mobillabor Projektnek 2024 az első, kísérleti éve. Ezért minden igyekezetünk ellenére előfordulhatnak hibák, hiányosságok a kísérletleírásokban és a dobozok összeállításában. Ha ilyet tapasztalnak, kérjük megértésüket, és legyenek szívesek jelezni az Alapítványnak, hogy javítani és pótolni tudjuk ezeket!

Minden építő kritikát, segítő és jobbító szándékú észrevételt, ötletet szívesen fogadunk a Fizika Mobillabor tökéletesítéséhez annak érdekében, hogy célkitűzésünk minél jobban megvalósulhasson!

Kísérletek listája és rövid ismertetésük

1. MOZGÁSOK ÉS ERŐHATÁSOK

AVAGY KÍSÉRLETEK A GYORSULÁSSAL, SEBESSÉGGEL, SÚRLÓDÁSSAL, TEHETETLENSÉGGEL

1. A szabadesés vizsgálata

A szabadesés időtartama tantermi körülmények között a közegellenállástól függ, illetve ekkor gyorsuló mozgás történik, és a súlytalanság állapota lép fel.

2. Nem lehetetlen a tehetetlenség!

Kísérletek a tehetetlenség törvényére, és általában a Newton-törvényekre.

3. Felfelé mászó pénzérme

Gyufaskatulya fiókja és borítólapja közé tett pénzérme „felmászik” a skatulyában, ha a kezünkkel ütögetjük. Kísérlet a tehetetlenség törvényére.

4. Papírrepülő helyett papírhenger

Egy megfelelően hajtogatott és megpörgetve eldobott papírhenger ugyanúgy (vagy jobban) repül a levegőben, mint egy papírrepülő.

5. Súrlódás rizzsel és üveggolyókkal

- A) Egy kólásflakonba rizst töltve és abba fakanál nyelét benyomva a tapadási súrlódás miatt úgy beleszorul, hogy fel lehet vele emelni a flakont a rizzsel
- B) Ha egy Petri-csészébe üveggolyókat teszünk és azon megpörgetünk egy tárgyat (pl. papírtömböt), akkor szinte súrlódás nélkül forog. (Golyócsapágy-modell.)

6. Légpárnás CD

CD közepén levő lyukra üdítősfakon-lezárót ragasztunk és erre felfűjt lufit húzunk. Ha a lezárót kinyitva kiengedjük a lufiból a levegőt, a CD légpárnás járműként viselkedik.

7. Egymásba lapolt könyvek és rugós erőmérő széthúzása

- A) Egymásba lapolt könyveket nehezen vagy egyáltalán nem lehet széthúzni.
- B) Rugós erőmérőkkel az erő-ellenerő törvényének megtapasztalása.

8. Tolható és húzható kötél

Kábeldob orsóra csévelt madzag végét húzva tőlünk és felénk is gurulhat az orsó.

9. Egyensúlyozó szögek, villák, kalapács

- A) Egymásba szúrt villák megtámaszthatók egy asztal szélén egy fogpiszkálóval.
- B) Szögeket megfelelő módon szintén feltámaszthatunk egyetlen beszúrt szögbe.
- C) Asztal szélén egyensúlyozó kalapács

10. Felfordított vizes vödör

Egy vízzel teli, lefelé néző vödörből sem folyik ki a víz, ha forgatjuk.

2. REZGÉSEK, HULLÁMOK, HANGOK

AVAGY KÍSÉRLETEK A HANG KELETKEZÉSÉRŐL, TERJEDÉSÉRŐL

11. Pohár-telefon

Két papírpohár alját kilyukasztva és azokat kifeszített madzaggal összekötve telefonálhatunk, ugyanis a madzagon terjednek a hanghullámok.

12. A hangvilla fizikája

A hangvilla tulajdonságainak vizsgálata (hangosabban szól az asztalhoz érintve, rezonancia, lebegés).

13. Zenélő pörgetett cső

A megpörgetett műanyag szennyvíz gégecső a forgatás sebességétől függően különböző magasságú hangokat ad ki.

14. Szívószálduda

Egy ollóval formára vágott szívószál megfújva dudaként viselkedik. A kiadott hang magassága függ a szívószál hosszúságától.

15. Láthatóvá tesszük a hullámokat

- A) Transzverzális és longitudinális hullámok bemutatása rugó segítségével
- B) Rajzoljunk a hangunkkal

16. A zenélő talpaspohár

Rezonancia alapú zenélés vízzel töltött talpaspohárral

3. HIDROSZTATIKA ÉS ÁRAMLÁSTAN

AVAGY KÍSÉRLETEK A NYOMÁSSAL, VÍZZEL, LEVEGŐVEL

17. Konzervdoboz-ágyú

Egyik oldalán lyukasztott lappal, másikon gumilappal lezárt konzervdobozból légörvények kelthetők, mellyel meglebbenthető egy fonál, eloltható egy mécse.

18. Az elfújhatatlan ping-pong labda

Több kísérlet Bernoulli törvényére: A tárgyakat nem tolja el az áramló levegő, vagy más irányba mozdulnak, mint várnánk.

19. Segner-helikopter

Lufiból a levegő a helikopter-rotorokba áramlik, amelyek végén kilépve forog és emelkedik a szerkezet.

20. A „semmi” öntögetése

- A) Szódabikarbóna és ecet reakciójával előállított szén-dioxid-gázban az égő gyufa elalszik.
- B) A gáz átönthető „láthatatlan módon” egy másik edénybe, és akkor abban alszik el a gyufa.

21. Vízszippantás és tálcáemelés

- A) Vízbe állított mécses pohárral leborítva a mécses elalszik, a víz pedig a pohárba nyomódik a külső légnyomás miatt.
- B) Ha tálcára helyezett megnedvesített papírra tett mécsesre borítunk poharat, a pohár rátapad a tálcára.

22. Amikor nem folyik ki a víz

- A) Ha egy teli pohár vizet műanyag lappal zárunk le és a poharat megfordítjuk, a víz nem folyik ki, a pohárban marad.
- B) Vízzel teli edénybe poharat merítve és azt szájával lefelé kiemelve, a víz a pohárban marad.
- C) Vízzel teli PET szájára pingpong labdát téve és lefelé fordítva a labda ott marad, a víz sem folyik ki.

23. Poháremelés lufival

Egy üvegpohár szájához nyomott lufit tovább fújva a lufinál fogva felemelhető a pohár.

24. Sörösdoboz-roppantás

Fém sörösdobozban vizet forralva, majd hideg vízbe nyomva a légnyomás összepréseli a dobozt.

25. Léctörés újságpapírral és a tapadókorong

- A) Asztalra fektetett újságpapírlap alá falécet fektetve és a kilógó darabra gumilabdát ejtve a lécnem billen le a légnyomásnak köszönhetően. A lécnem egy ütéssel akár el is törhető.
- B) A lágy szilikon dobozfedél tapadókorongként viselkedik.

26. Milyen nagy a légnyomás?

Kísérlet a magdeburgi félgömbökkel, kézi vákuumszivattyú segítségével.

27. A vízben is terjed a nyomás?

A nyomás terjedésének bemutatása Pascal-féle vízibuzogánnyal.

28. Víz tornádó

Örvények és tornádók modellezése vízzel befőttesüvegben és PET-ben

29. Cartesius-búvár

Cartesius-búvár készítése PET-palackból

30. Pumpás PET-rakéta

Pumpával túlnyomást hozunk létre egy PET-ben, amelyet rakétaként kilőhetünk.

31. Kiömlés lyukakon

Egy PET falán különböző magasságokban lévő lyukakon át más ívben áramlik ki a víz.

4. FELÜLETI FESZÜLTSG

AVAGY KÍSÉRLETEK VÍZHÁRTYÁKKAL

32. Navigáló parafadugó

- A) Egy parafadugó-szelet a pohár széléhez mozdul el, ha a víz szintje alacsonyabb a pohár szájánál.
- B) Ha a vizet „púposra” töltjük, a parafadugó-szelet a víz felszínének közepére navigál.

33. Hány vízcsepp fér el egy ötforintoson?

Egy ötforintos érmére meglepően sok vízcseppet tudunk csepegtetni a víz nagy felületi feszültségének köszönhetően.

34. Pénz kerül a kártyára

Egy poharat színültig töltve vízzel és egy plastikkártyát ráfektetve a kártya levegőben lógó felére több pénzérmét is helyezhetünk anélkül, hogy a kártya leborulna.

35. Harisnyás PET

Alul levágott PET palack aljára nejlonharisnyát húzunk. Ha víz van a PET-ben és a kupakját elzárjuk, nem folyik ki belőle a víz.

36. Hordozható vízcsap

Kupakkal zárt, vízzel teli PET alján lévő lyukból nem folyik ki a víz, csak ha megnyitjuk a kupakot.

5. HŐTAN

AVAGY KÍSÉRLETEK HIDEGGEL, MELEGSEL, ÉGÉSSEL

37. Forró de mégsem

- A) Vízrel teli lufit lánggal melegítve a lufi nem durran ki.
- B) Rézcsőre tekert papírlap nem gyullad meg láng hatására sem.

38. Alkoholrakéta

A kupakján lyukasztott üdítősfakonba denaturált szeszt öntve és azt elpárologtatva, majd a lyukhoz égő gyufát tartva a flakon rakétaként elszáll.

39. Hidegen is forr(ó)

- A) Kémcsőben melegített vizet bedugózva és lehűtve 100 °C-nál alacsonyabb hőmérsékleten is forrásba jön a víz.
- B) Fecskendőbe kevés vizet szívva, nyílását befogva és a dugattyút meghúzva a szobahőmérsékletű víz forrásba jön

40. Hőtágulás-műszerek – emeltyűs pirométer

„Emeltyűs pirométer” segítségével összehasonlíthatjuk különböző fémek hőtágulását.

41. Táncoló kupak

Palackban lévő levegőt kezünkkel melegítve a gáz kitágul, amit a palack szájára helyezett műanyag kupak emelkedése jelez.

42. Hőlégballon

Hőlégballon készítése nejlon szemeteszsákból.

43. Meglepő hőtágulás

A klasszikus „golyó+karika” kísérlet. Ha a golyót és a karikát együtt melegítjük, a golyó ismét átfér a karikán. Az üreges anyagok is kifelé tágulnak

6. ELEKTROMOSSÁG

AVAGY KÍSÉRLETEK TÖLTÉSEKKEL, ÁRAMFORRÁSOKKAL

44. Elektromos vonzás és taszítás

Tűre helyezett műanyag rudakkal elektrosztatikus vonzás és taszítás bemutatása a kétféle töltés létezésének bizonyítására.

45. Vízszugár elhajlítása

Vékony sugárban folyó vízszugár eltérítése megdörzsölt műanyag rúddal.

46. Elektroszkópok

Az elektromos töltések és töltöttség kimutatása elektroszkópokkal.

47. Faraday-kalitka

Faraday-kalitka működési elvének bemutatása.

48. Guruló alupalack

Egy sörös alupalack elektrosztatikus elvű gurítása.

49. Lufi a falon

Lufi elektrosztatikus tapadása a falon.

50. Elektrolízis elemmel

Elektrolízis (vízbontás) műanyag pohárban elem segítségével.

7. MÁGNESSÉG

AVAGY KÍSÉRLETEK MÁGNESEKKEL, MÁGNESEZHETŐ ANYAGOKKAL

51. Mágneses vonzás és taszítás

Kísérletek állandó mágnesekkel: mágnesrúdpárral, neodímium mágnesekkel, acélgolyókkal, gombostűkkel, iránytűkkel, 100 Ft-os pénzérmékkel.

52. Mágneses lebegtetés

Lebegő mágneses pörgettyűvel és kémcsőbe helyezett mágnesekkel.

53. Rúdmágnes terének szemléltetése

Rúdmágnes mágneses terének szemléltetése vasreszeléssel.

54. Mágneses gyufafejek

Miután elégettük a gyufafejet, mágnesezhetővé válik

8. ELEKTROMOSSÁG ÉS MÁGNESESSÉG KAPCSOLATA

AVAGY KÍSÉRLETEK ELEKTROMOS ÉS MÁGNESES ESZKÖZÖKKEL

55. A csengő működése

A csengő mint elektromágnest tartalmazó eszköz működésének bemutatása.

56. Mozgási indukció

Mozgási indukció jelenségének bemutatása tekercssel, állandó mágnessel, középállású voltmérővel.

57. Lenz törvénye

Lenz törvényének bemutatása alumíniumkarikákba tolt mágnessel, valamint műanyag és rézcsőben leeső neodímium mágnessel.

58. Villanymotor

Egyszerű villanymotort készítünk ceruzaelemből, mágnesből és rézdrótból.

59. Fénnyel hang-átvitel

Mobilon lejátszott zenét zseblámpafénnyé alakítva a megvilágított napelem feszültség-ingadozása hangfalon zeneként hallatszik.

9. OPTIKAI JELENSÉGEK

AVAGY KÍSÉRLETEK TÜKRÖKKEL, LENCSEKKEL, FÉNYFORRÁSOKKAL

60. Láthatóvá válik a fény útja

Lézermutató fényének útját levegőben, vízben és egyéb homogén közegben nem látjuk. Levegőben füst, vízben szappan segítségével azonban láthatóvá tehető

61. Merre megy a fény? – Tükröződés

A) Sík-homorú-domború tükör sugármenetei.

B) Periszkóp és szögtükör működésének modellezése.

62. Merre megy a fény? – Fénytörés

Fénytörés optika test készlettel – domború és homorú lencsével

63. Optikai csalódás? Vagy csak látszólag? – Valódi kép homorú tükörrel

Valódi kép létrehozása egymás fókuszpontjába helyezett homorú gyűjtőtükrök segítségével.

64. Optikai csalódás? Vagy csak látszólag? – Megforduló nyíl

Ha üveghengerbe vizet töltünk, a mögé helyezett papírlapra rajzolt, oldalra mutató nyíl látszólag a másik irányba mutat.

65. Optikai csalódás? Vagy csak látszólag? – Ott a képe

Képalkotás lencsékkel, tükrökkel.

66. Fénytörés katedrálüveggel

A katedrálüveg látványos fénytörése lézerfoltokkal

67. Játék a színekkel – Prizma

Prizmára eső összetett fény felbontása összetevőire.

68. Játék a színekkel – Színszűrők

Színes tollal rajzolt ábra láthatatlanná válik ugyanolyan színű áttetsző fólia ráhelyezése hatására. Ezáltal titkosírásra használható.

69. Kísérletek polárszűrőkkel

Polarizáció, kioltás jelenségének bemutatása moziszemüvegek segítségével.

70. Lángfestés

Bunsen-égő lángjának színezése fémsókkal

71. Színfelbontás másképp

Kézi spektroszkóp használata (fénycső és fémsókkal festett gázláng vizsgálata)

72. Fénysimogatás

Az RGB-LED-es optikai szálak hangulatlámpa vizsgálata.

73. UV-fény

UV fényben meglepően sok új látvány lehet.

A kísérletek összeválogatásának szempontjai

A kísérletek összeválogatásakor az alábbi szempontok érvényesültek:

- Kilenc téma köré csoportosuljanak, melyeket alapvetően a fizika ágai jelöltek ki;
- Minél szélesebben fedjék le a témakört, de lehetőleg ne a „szokásos” órai kísérletek megismétlései legyenek, hanem az adott jelenséget más, újszerű, esetleg meghökkentő módon mutassák be;
- A megértésükhöz szükséges ismeretanyag lehetőleg ne haladja meg az általános iskolai (és középiskolai) tananyagot; vagy ha igen, annak alapos indoka legyen, pl. egy gyakorlati életben előforduló jelenség szemléltetése;
- Látványos, érdekes, de tanulságos kísérletek legyenek;
- A kísérletek könnyen és gyorsan előkészíthetők, kivitelezhetők és elpakolhatók legyenek;
- Minél kevesebb vegyszer, veszélyes anyag legyen szükséges;
- Minél kevesebb helyi szükséglet (elszívófülke, vízcsap, Bunsen-égő stb.) legyen;
- Minél kevesebb frissen pótlendő (könnyen megromló) anyagra legyen szükség;
- Szemléletformáló okokból lehetőleg ne legyen szükség élelmiszer felhasználására a kísérletekhez, vagy ha mégis, ne pazaroljuk;
- A kísérletek egy része házi eszközökből, alapanyagokból összeállítható legyen, bemutatva a diákoknak, hogy „minden fizika”;
- A kísérletek egy részében viszont kifejezetten szerepeljenek „hivatalos” kísérleti eszközök, laboreszközök, melyek segítségével lehetőség nyílik olyan jelenségek és (mérő)kísérletek elvégzésére, melyre normál iskolai körülmények között általában nincs mód.

Balesetvédelmi, biztonsági szabályok

1. A Fizika Mobillabor keretében bemutatott kísérletek alapvetően nem balesetveszélyesek, jellemzően nem dolgozunk veszélyes anyagokkal, kevés veszélyes műveletet végzünk. Ugyanakkor az esetleges balesetek elkerüléséhez szükséges a körültekintő munkavégzés.
2. A kísérletek összeállítása során törekedtünk arra, hogy a fogadó iskola részéről minél kevesebb eszköz és körülmény biztosítására legyen szükség.
 - a. Szükséges egy kb. 2x1 m-es demonstrációs asztal, illetve két kisebb asztal: az egyik az előkészített későbbi kísérleteknek, a másik a már nem használt anyagoknak, eszközöknek.
 - b. Szükséges egy konnektor és adott esetben hosszabbító az elektromos eszközök működtetéséhez.
 - c. A jobb láthatóság kedvéért érdemes a bemutató asztalra valamilyen stabil állványt helyezni és ezen bemutatni a kísérleteket.
3. A kísérletbemutató alatt a tanár lehetőleg viseljen köpenyt, szükség esetén védőszemüveget! A köpeny zsebében legyen törlőrongy.
4. A kísérleteket a diákok számára jól láthatóan, de tőlük biztonságos távolságban kell bemutatni.
5. Diákok veszélytelen műveletek kivitelezésekor segíthetnek, de ehhez nekik fegyelmezetten kell viselkedniük, a tanárnak pedig pontos utasításokat kell adni számukra.
6. Tűzgyújtás előtt az éghető folyadékok üvegét zárjuk be és távolítsuk el a közelből az éghető anyagokat! Akinek hosszú a haja és a láng közelében van, fogja össze a haját és vigyázzon, ne lógjon a lángba!
7. A kísérletek végén az elhasznált anyagokat, feleslegessé vált eszközöket a bemutató asztalról el kell tenni, azon mindig rend legyen és csak a közvetlenül szükséges dolgok legyenek rajta.
8. Az elmosogatandó eszközöket érdemes egy műanyag tálnálba gyűjteni a bemutató közben, majd a mosogatást a lehető leghamarabb elvégezni!
9. A hulladékként keletkező anyagok és elhasznált eszközök nem veszélyes hulladékok, a kommunális illetve a szelektív hulladékgyűjtőbe kerülhetnek.
10. A Mobillabor dobozban minden kísérletbemutató előtt és után legyen rend az átláthatóság érdekében.
11. A két nagy ládában érdemes hosszú távon tárolni az eszközöket, a kis ládát célszerű használni az aktuális bemutatóhoz szükséges eszközök szállítására! A bemutatóra való előkészület során figyeljünk, hogy több olyan eszköz is van, ami több kísérlet-sorhoz is szükséges, ezeket ne felejtjük el bepakolni!

- 12.A legtöbb eszköznek van saját csomagolása (zacskó, kartondoboz). Kérjük, hogy tárolás és szállítás során az eszközök ezekben legyenek, védelmüket biztosítva.
- 13.A bemutatót tartó tanár felelőssége, hogy az eszközökre vigyázzon, azok ne tűnhessenek el, ne tulajdoníthassa el senki!
- 14.A tönkrement, használhatatlanná vált eszközökről (kivéve fogyóeszközök) listát kell vezetni, illetve az Alapítványt értesíteni kell, hogy pótlásukról intézkedjünk.
- 15.Az anyagok felhasználásáról és a fogyóeszközökről nem kell év közben listát vezetni, az év végén kérünk „leltározást” és annak jelzését, hogy mit szükséges pótolni.

Javaslatok szervezési körülményekre

Technikai szempontból a helyszín kiválasztása alapvetően az adott iskola lehetőségeitől függ. Ugyanakkor vegyük figyelembe a diákok általi jó láthatóságot, hallhatóságot, az egyes kísérletek térigényét (pl. biztonsági távolság), a fényviszonyokat (forduló napfény, sötétíthetőség), az áramellátást, a légmozgást.

Módszertani szervezés szempontjából alapvetően az alábbi lehetőségek vannak. Az ezek közötti döntés függ a bemutató tematikájától és a bemutatót tartó kolléga (továbbiakban: előadó) igényeitől, komfortérzetétől is.

a) „színpadi jellegű” bemutató egy tanteremben

A diákok klasszikus, oszlopokban elhelyezett iskolapadokban ülnek, nézőtéri befogadóként. Az előadó a tanári asztalnál mutatja a kísérleteket. Előnye, hogy jó eséllyel nem kell átrendezni a helyiséget, gyors a pakolás. Hátránya, hogy klasszikus iskolai tanórás érzetet kelt, ami nem feltétlen pozitív a diákokban, a hátrébb ülők nem feltétlen látják jól az eseményeket, illetve ha közreműködőt kérek, akkor nehezebben jön ki.

b) „színpadi jellegű” bemutató az aulában, nagyobb közösségi térben

Székekből kialakított nézőtérről a diákok az előadót látják, az előadó több asztal mögül színpadi előadás jelleggel prezentál. Előnye, hogy a diákok kényelmesen, de mindannyian viszonylag közel ülhetnek. Mivel nincsenek asztalok, az esetleges mozgásuk is könnyebb. Ezen felül az iskola többi tanára és diákja is láthatja az előkészületeket: kíváncsiságot, hiányérzetet generál bennük. Hátránya a nagy hangtér és a nehezen szabályozható fényviszony, illetve a be-kicsöngetéssel is járó zavaró emberáramlás.

c) „interaktív sziget” jellegű bemutató egy tanteremben

Egy tanteremben az asztalokat (és esetleg a székeket is) úgy rendezzük el, hogy az asztalok többsége körben van kint a falaknál, és 2-2 asztalból néhány szigetet alakítunk ki, amelyeket a diákok körbeállhatnak, és mi magyarázunk. Egy-egy szigeten 2-3 összetartozó kísérleti eszköz van. A szigetek között együtt vándorolunk a foglalkozás során. Előnye, hogy a diákok egészen közel jöhetnek, egyesek ki is próbálhatják az eszközöket. Ha a székek bent maradnak, akkor nagy körben le is tudnak ülni. Hátránya, hogy átgondolt átrendezési előkészületet igényel, esetleg ki is kell vinni asztalokat, illetve a körben lévő diákok számára minden irányban kell „játszanunk”.

Módszertani jellegű kommunikációs javaslatok

a) Mindig mutatkozzunk be!

A bemutatkozás akkor is szükséges, ha az adott csoportnál már nem először járunk. Mutassuk be röviden saját magunkat és a Fizika Mobillabort mint projektet is!

Mondjuk el, hogy fizikatanárok vagyunk, melyik település melyik iskolájából jöttünk, és hogyan lehet minket szólítani.

A Mobillabor projektre vonatkozóan hangozzon el a programot működtető Szabó Szabolcs Alapítvány és a támogató Semilab neve is! Lehetőség szerint használjuk a logókat, mágnesfóliákat!

A motivációs célú dekorálás segít megteremteni az izgalmas hangulatot, erre a tantermi tábla és az üresen maradt asztalok jó lehetőséget adnak. Az sem baj, ha a szükségesnél több kísérleti eszközt viszünk magunkkal dekorálási céllal, amelyek látványa érdeklődést, hiányérzetet, kíváncsiságot kelt a diákokban, várják a következő alkalmat.

b) Segítő, közreműködő diák megnevezése

Ha az egyes kísérletekhez segítő, közreműködőt kérünk, akkor mindig kérdezzük meg, hogy hogyan szólíthatjuk a diákot.

A folyamat végén köszönjük meg a közreműködését, és ha olyan jellegű volt a feladat, akkor akár tapsoltassuk is meg a többiekkel. A közreműködés sosem lehet kényszer, csakis önkéntes alapú!!!

c) Szabad kérdezni és ötletelni!

Egy átlagos tanórán a legtöbb diák passzívan figyel, kevesen válaszolnak és még kevesebben ötletelnek. Erősítsük meg őket abban, hogy szabad kérdezni és ötletelni, sőt tévedni is szabad: hibás válaszáért, ötletért nem kapnak rossz jegyet, sőt, az aktivitásért jutalmat, dicséretet is kapnak.

Az alapvető célunk a kíváncsiság felkeltése, a kérdezés képességének és a kérdezés bátorságának fejlesztése. Ezért tehát a legtöbb iskolai gátat és negatív sztereotípiát le kell bontanunk!

d) Dicsérni és értékelni!

A diákok ötleteire, kérdéseire, válaszaira az azonnali pozitív visszajelzés és kiemelés a fizika tantárgyhoz és a Mobillaborhoz való pozitív viszonyulást is erősíti.

Ha az osztályzatot adó (szak)tanár is részt vesz a foglalkozáson, előzetesen egyeztessünk vele, hogy az aktív, okos hozzászólókat értékeljük, értékelje pluszponttal, pirosponntal, kisötössel stb.

A jutalmazásként kiosztható reprezentációs anyagok (stresszlabda, ledes zseblámpa stb.) még inkább fokozhatják a motivációt, aktivitást.

KÍSÉRLETLEÍRÁSOK

1. KÍSÉRLETSOR:
MOZGÁSOK ÉS ERŐHATÁSOK

***AVAGY KÍSÉRLETEK A GYORSULÁSSAL, SEBESSÉGGEL, SÚRLÓDÁSSAL,
TEHETETLENSÉGGEL***

1. A szabadesés vizsgálata
2. Nem lehetetlen a tehetetlenség
3. Felfelé mászó pénzérme
4. Papírrepülő helyett papírhenger
5. Súrlódás rizzsel és üveggolyókkal
6. Légpárnás CD
7. Egymásba lapolt könyvek és rugós erőmérők széthúzása
8. Tolható és húzható köté
9. Egyensúlyozó szögek, villák, kalapács
10. Felfordított vizes vödör

1. A SZABADESÉS VIZSGÁLATA

Annak vizsgálata, hogy a szabadesés időtartama tantermi körülmények között a közegellenállástól függ, illetve ekkor gyorsuló mozgás történik, és a súlytalanság állapota lép fel.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- A szabadesés mint egyenletesen gyorsuló mozgás vizsgálata
- Az arisztotelészi szemlélettel szemben a Galilei-Newton-féle szemlélet kialakítása, megerősítése
- Hipotézisalkotás fejlesztése
- Méréstechnika: a mérés pontosságának növelése

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet (diákok is végezhetik)

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• kulcscsmó (vagy bármi más nehéz, koppanós, ejthető, nem törékeny tárgy) • két (tan)könyv (akár diákoktól kölcsönkérve)	• papírzsebkendő egy rétege • írólap és írólapcsomag,

A kísérlet kivitelezése:

1. *A gyorsuló mozgás bizonyítása:* A kulcscsomót ha egyre magasabbról ejtjük le (1 cm $\rightarrow$ 1 m), egyre hangosabban koppan az asztalon: hosszabb út, nagyobb végsebesség, hangosabb koppanás, tehát a tárgy gyorsul, még ha nem is látjuk. A fülünk viszont egy egyszerű gyorsulásmérő!
2. *A közegellenállás szerepe:* Végezzük el ezután a következő kísérletsort úgy, hogy elmondjuk, mit fogunk csinálni, a diákok pedig előre tippeljék meg (és indokolják meg), hogy mi fog történni szerintük:
 - a. Egymás mellett azonos magasságból elengedünk két vízszintesen tartott írólapot; (azonos idők alatt érnek le)
 - b. Egymás mellett azonos magasságból elengedünk egy írólapot és írólapcsomagot. (a csomag előbb ér le)
 - c. Az írólapcsomagot rátesszük a papírlapra és elengedjük őket. (egyszerre esnek le)
 - d. Az írólapot rátesszük az írólapcsomagra és elengedjük őket. (a lap lemarad)
 - e. Egymás mellett azonos magasságból elengedünk egy galacsinná gyűrt írólapot és egy írólapot. (azonos a tömegük, de a galacsin előbb ér le)
3. *A súlytalanság bizonyítása:* Két könyv közé helyezett, kissé kilógó papírlap nehezen húzható ki, ha az asztalon fekszenek. Ha elejtjük a rendszert, a papírlap könnyedén a kezünkben marad.

Technikai javaslat:

- A kulcscsomó ejtésénél figyeljünk arra, hogy se az asztalt, se más tárgyat ne sértsen, karcoljon.
- A papírlapok ejtésénél legyen huzatmentes a terem, és legyen jól látható a teljes mozgás.
- A könyvek közé szorult papírlap ejtésénél érdemes segítőt kérni: a tanár fogja a könyveket, a diák a papírlapot, ami az ő kezében marad.

Variációk, fokozatok:

- A papírlapok ejtésénél fontos a sorrend!

Analógia:

- Vessük fel analógiás problémának az alábbiakat: az ejtőernyő szerepe és működése / miért nem életveszélyes az eső, hóesés, pedig több km magasról zuhannak a cseppek
- súlytalanság: az űrhajósok súlytalansága / miért nincs polc az ISS raktárában

Technikai kiegészítés:

- Az ejtési időtartamot kis magasságról pl. egy gravitációs labdával meg lehet mérni.

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- Az írólapokkal végzett ejtési kísérletek közül a d) pontban leírt kísérlet eredménye lehet a legmeglepőbb a diákoknak (sokszor még a felnőttekből is csodálkozást vált ki). Beszéljük meg a diákokkal, hogy a b) kísérletben a papírlap azért esett le lassabban, mert rá jobban hatott a levegő fékező hatása.
- Az e) kísérletből látható, hogy bár mindkét papír azonos tömegű, a kisebb felületű esik le gyorsabban.
- A gravitációs labda kapcsán beszéljük meg, hogy a nehézségi gyorsulás viszonylag nagy értéke miatt mérése nehéz. Némi kérdegetéssel rávezethetjük a diákokat, hogy a pontos méréshez vagy az ejtési magasságot (megtett utat) kell növelni (de ekkor a levegő fékező hatása is egyre jelentősebb lesz) vagy az időmérés pontosságát. Ez utóbbiban segít ez az eszköz.
- A könyvek közé tett papír és a könyvek is súlytalanság állapotban vannak szabadesés közben, így nincs nyomóerő, így súrlódási erő sincs. Meglepő, ha egy rétegnyi papírzsebkendővel végezzük el, akkor a fektetett könyvek közül csak szakítva húzható a papír, de szabadesés közben nem károsodik!
- Gondolkodtató kérdésnek feltehetjük, hogy mai modern eszközökkel hogyan lehetne még másképp az időtartamot pontosan megmérni, illetve hogyan lehetne megtenni ezt Galilei-korabeli eszközökkel.
- Érdemes megnézni Brian Cox vákuumkamrás szabadesési kísérletét, amely a közegellenállás kiiktatásáról szól: <https://www.youtube.com/watch?v=QyeF-QPSbk>
- Érdemes megnézni a klasszikus kalapács-madártoll ejtést az Apollo-15 küldetésben: <https://www.youtube.com/watch?v=KDp1tiUsZw8>

2. NEM LEHETETLEN A TEHETETLENSÉG!

Kísérletek a tehetetlenség törvényére és általában a Newton-törvényekre.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- hipotézis alkotás fejlesztése
- ok-okozati összefüggések keresése
- tömeg és gyorsíthatóság közti kapcsolat keresése

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet (diákok is végezhetik)

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• vízzel teli, csavarkupakos PET • gyufásdoboz • hosszú vonalzó vagy vastagabb, erősebb pálca • pohár (tojásnál nagyobb átmérőjű) • kalapács • betontégla (térkö)	• papírlap (tenyérynél nagyobb, írólap, újságpapír, pénzjegy is lehet) • főtt és nyers tojás • kartonpapír (tenyérynél) • wcpapír guriga belső henger

A kísérlet kivitelezése:

1. *papírlap kihúzása PET talpa alól:* Kérdés: Hogyan lehet kivenni a PET alól a papírt úgy, hogy nem érünk a PET-hez? Lassan húzva együtt mozog a papírlappal, de hirtelen kirántva a PET szinte helyben marad.
2. *papírlap kihúzása kupakján álló PET alól:* Kérdés: Hogyan lehet kivenni a PET alól a papírt úgy, hogy nem érünk a PET-hez? Valószínűleg az előző megoldást javasolják, de ekkor garantáltan feldől a PET. Megoldás: ököllel ütögetjük az asztallapot, közben óvatosan húzva a lapot centinként jön ki a PET alól.
3. *gyufásdoboz kiütése PET alól:* Kérdés: Hogyan lehet kivenni a PET alól a skatulyát, hogy nem érünk kézzel sem a PET-hez, sem a skatulyához? Megoldás: vonalzóval(pálcával) egy hirtelen ütéssel kiütjük

Technikai javaslat:

- Mindhárom megoldásnál meg kell nézni, hogy a hirtelen, erős mozdulat és az elrepülő skatulya se embert, se más tárgyat ne üssön meg!
- Asztal ütögetése: a felület rugalmas legyen! Előzetesen nézzük meg, hogy ne keresztmerezítők fölött ütögezzünk, az asztallap legyen kellően rugalmas, és az ütögetés hatására ne rázkódjának össze más kísérleti eszközök az asztalon.
- Csak olyan PET állítható a kupakjára, amely nagyon sík tetejű. Keresni kell, mert a legtöbb kupakban van egy kis domborúság, így nem áll meg rajta a PET.

Variációk, fokozatok:

Kellően sok gyakorlás, saját tojás-pohár-tégla-kalapács, nem félő közreműködő és egyéni tanári kockázatvállalás esetén elvégezhetőek ezek a kísérletek is:

- *a tojás beleesik a pohárba*: Vízrel teli pohár/bögre szájára kartonlapot fektetünk, rajta áll egy wcpapír guriga belső, rajta állítva egy tojás. Ha a kartont oldalról elég hirtelen megütjük, a papírok elrepülnek, de a tojás függőlegesen beleesik a pohárba. Érdekes főtt tojással végezni, hogy ha törik, ne kelljen sokat takarítani. Darvas József videója: <https://www.youtube.com/watch?v=LQPmujuCPB0>
- *nyers-kemény tojás eldöntés feltörés nélkül („roncsolásmentes anyagvizsgálat”)*: Asztallapra fektetve a tojásokat egy kézzel meg kell pörgetni őket. A nyers tojás lassabban pörög, de ha egy pillanatra fentről hozzáérve megállítom, az elengedés után tovább pörög. A főtt tojás a pillanatszerű érintés hatására állva marad.
- *ember hasán lévő téglára ütés kalapáccsal*: Az álló diák egy betontéglát (térkö) szorít a hasához. Ha kalapáccsal erősen ráütünk a téglára, lényegében nem érez semmit. A nagy tömegű téglá alig gyorsul a rövid idejű erő hatására.

Analógia:

- biztonsági öv és fejtámra szükségessége, porrongy és gyümölcsfa rázása, kalapács/fejsze vasának rászorítása a nyélre
- Az autók üzemanyaga: a súrlódásból+közegellenállásból származó mozgási energia csökkenést pótolja, a mozgásban tartáshoz nem kell sem erő, sem energia.
- Egy űrhajónak nem kell üzemanyag és működő hajtómű az űrben, hiszen alapvetően nincs mozgási energia veszteség, pótolni sem kell. A naprendszerből egyenes vonalban kifelé haladó űrszonda megszerzett sebességének nincs oka csökkenni, sem az irányának megváltozni. (Voyager 1-2, Pioneer 10-11)

Technikai kiegészítés:

Érdekes megnézni az alábbi videókat:

- A NASA oktató STEMonstration sorozatából:
Newton 2. törvénye: <https://www.youtube.com/watch?v=sPZ2bjW53c8&t=64s>
Newton 3. törvénye: <https://www.youtube.com/watch?v=dCF--YOjiOw>
- Labda hajítása platós autón: <https://www.youtube.com/watch?v=j1URC2G2qnc>
- Több rövid jelenség összefűzve (csak zenével):
<https://www.youtube.com/watch?v=T1ux9D7-O38> és
<https://www.youtube.com/watch?v=RyASDbAPenU> és
<https://www.tiktok.com/@thepyramidexperiments/video/7295337835656154401>

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- Tudatosítani kell az alapelveket: nagyobb tömeg nehezebben gyorsul / vizsgálni kell, hogy mi a külső OKA, hogy a sebesség nagysága és iránya megváltozik? Ha nincs ilyen ok, akkor a test megtartja a sebességét (a nulla nagyságot is).
- Érdeklődők számára felvethető a kérdés: Egy héliumos lufi a fékező autóban nem menetirányba, hanem hátrafelé mozdul el. Miért? A Galilei Stúdió középiskolás csapatának videója magyarul:
<https://www.youtube.com/watch?v=WMX4elJKvP8>

3. FELFELE MÁSZÓ PÉNZÉRME

Gyufaskatulya fiókja és borítólapja közé tett pénzérme „felmászik” a skatulyában, ha a kezünkkel ütögetjük. Kísérlet a tehetetlenség törvényére.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Meghökkenés
- A tehetetlenség törvényének szemléltetése

A kísérlet formája: tanári bemutatás után tanulói kísérlet

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• üres gyufaskatulya • 5 Ft-os pénzérme	

A kísérlet kivitelezése:

1. Az 5 Ft-os érmét csúsztassuk be a skatulya belső fala és a fiók fenéklapja közé!
2. Fordítsuk úgy a gyufaskatulyát, hogy az érme alul legyen!
3. Bal kezünkől formáljunk laza(!) „kalitkát”, amibe betesszük a gyufaskatulyát, kisujjunkkal alul támasszuk meg!
4. Jobbkezünk mutató- és középsőujjával ütögetjük folyamatosan a gyufaskatulya tetejét!
5. Figyeltessük meg, hogy néhány ütögetés után a pénzérme kibújik a skatulya tetején!

Technikai javaslat:

Érdemes több eszközt is gyártani, hogy rövid idő alatt több diák is kipróbálhassa! Akár kettesével kipróbálhatnak egyet.

Variációk, fokozatok: -

Analógia:

A kísérlet megbeszélése számos lehetőséget rejt magában, hogy a tehetetlenség mindennapi életben való előfordulásáról beszéljünk a közlekedéstől a gyümölcsök fáról való lerázásáig, és a krumpli-kés kísérletig a „Nem lehetetlen a tehetetlenség” kísérletben is megadott videóban:

<https://www.tiktok.com/@thepyramidexperiments/video/7295337835656154401>

Technikai kiegészítés: -

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A tapasztalat magyarázata, hogy amikor ráütünk a skatulyára, lefelé mozdítjuk azt (a pénzérmével együtt), de a pénzérme nagyobb tömege, így nagyobb tehetetlensége miatt kevésbé mozdul el lefelé. Hasonló, mint amikor kihúzzuk a papírlapot a pohár víz alól és a pohár egyhelyben marad. Ujjunk és kezünk rugalmassága miatt a skatulya visszanyomódik eredeti helyére, így a pénzérme feljebb került, mint ahol a ráütés előtt volt. Minden egyes ütés hatására a pénzérme így felfelé mozdul.
- A kísérlet magyarázata során beszéljük meg, hogy milyen relatív mozgást végzett a skatulya és a pénzérme!
- A kísérlet szép illusztrációját adja annak, hogy „a tömeg a tehetetlenség mértéke”.

4. PAPÍRREPÜLŐ HELYETT PAPÍRHENGER

Egy megfelelően hajtogatott és megpörgetve eldobott papírhenger ugyanúgy (vagy jobban) repül a levegőben, mint egy papírrepülő.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Meghökkenés;
- Áramlásokkal és perdületmegmaradással kapcsolatos ismeretek megalapozása a diákokban.

A kísérlet formája: tanári bemutatás után tanulói kísérlet

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• A4-es papírlap • olló	• cellux

A kísérlet kivitelezése:

1. Hajtogassuk meg a papírlapot hengerré majd dobjuk el megpörgetve az alábbi videó szerint:
<https://www.youtube.com/watch?v=gDjL0iDecMY>



Technikai javaslat:

Feltétlen egy készre hajtogatottat is hozzunk be órára. Ha van elég időnk, a hajtogatás folyamatát is be lehet mutatni.

Variációk, fokozatok:

- Színes papírral még látványosabb, motiválőbb a tevékenység.
- *Hengerszárnyas repülőgép:* az alapesetben megismert módon készítünk két hengerpalástot, két kissé különböző átmérővel. A hengerek közös alkotójaként egy szívószálat rájuk, ami a „géptest” lesz. A kisebb átmérőjű henger az orr rész, eldobva szintén hosszan siklik.
- *Forgó party-pohár propeller:* Egy 1 dl-es műanyag party-poharat a palást alkotója mentén (hosszában) felvagdossunk, kb. 1 cm-es sávokra, de az aljától max. 1 cm távnál megállnak a vágások. Erősen élezve kihajtjuk a sávokat, propeller jelleggel. Ha kézbe véve három ujjal pördítve elengedjük, szépen repülve esik le. Egyes fák magjai is ilyen propeller módszerrel terjednek szét (hársfa).

Analógia: -

Technikai kiegészítés: -

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A kísérlet megbeszélése során érdemes kitérni a diákokkal arra, vajon miért repül olyan messzire a henger, mi stabilizálja a levegőben mozgás közben.
- Ha az idő engedi, beszéljük meg velük, vajon milyen paramétereket változtathatunk annak érdekében, hogy minél távolabbra repüljön a henger.
- A diákok akár versenyt is rendezhetnek az általuk hajtogatott hengerekkel.
- A kísérlet időigényes, a diákok szívesen és hosszan játszanak vele. Mivel az egyszerű szerkezet ellenére mély és összetett a működése, akár külön projekt, házi feladat is lehet. Emiatt is átgondolandó, hogy mennyi időnk van, illetve érdemes utolsó kísérletként betenni.

5. SÚRLÓDÁS RIZZSEL ÉS ÜVEGGOLYÓKKAL

A) Egy kólásflakonba rizst töltve és abba fakanál nyelét benyomva a tapadási súrlódás miatt úgy beleszorul, hogy fel lehet vele emelni a flakont a rizzsel.

B) Ha egy Petri-csészébe üveggolyókat teszünk és azon megpörgetünk egy tárgyat (pl. papírtömböt), akkor szinte súrlódás nélkül forog. (Golyóscsapágy-modell.)

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Meghökkenés
- A tapadási súrlódási erő szemléltetése
- Annak szemléltetése, hogy súrlódás nemcsak vízszintes talajon fekvő testek esetén, a nehézségi erő hatására jöhet létre
- Annak bemutatása, milyen lehetőségek vannak a súrlódási erő csökkentésére

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet (diákok is végezhetik)

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• műanyag 0,5 l-es üdítősfakon • műanyag tölcsér • fakanál • műanyag Petri-csésze • üveggolyók • papírtömb	• rizs

A kísérlet kivitelezése:

1. Súrlódás rizzsel:

- Töltsük meg rizzsel az üdítősfakont szinte teljesen!
- Szúrjuk bele a fakanalat néhány határozott mozdulattal addig, míg úgy bele nem szorul, hogy nem tudjuk könnyedén kiemelni.
- Emeljük fel a flakon rizst a fakanálnál fogva!

2. Súrlódás (hiánya) üveggolyókkal

- Tegyünk a Petri-csészébe üveggolyókat egy rétegben!
- Helyezzük rájuk a papírtömböt és pörgessük meg!
- Figyeltsük meg, hogy sokkal tovább pörög, mintha az asztalon végeztük volna ezt el!

Technikai javaslat:

Előzetesen fontos az elvégzést gyakorolni. A rizs előtömörítése (rázogatás), mennyisége meghatározó. Akkor lesz igazán sikeres az elvégzése, ha annyi rizst töltünk a palackba, hogy a beszúrt nyéllel együtt már bőven a szűkülő nyaki résznek nyomódjon a rizs. Ekkor a PET anyaga jelentősen visszanyomja a szemeket, így öntömörítő a hatás.

Variációk, fokozatok: -

Analógia:

Rengeteg súrlódásos jelenség van, ahol vagy a túl kicsi vagy a túl nagy súrlódás a jó, vagy a problémás. Pl. alkatrészek kopása, mozgás akadályozása, csúszó vagy forgó fém alkatrészek olajozása-zsírozása, nyikorgó ajtó, blokkolva fékező vagy kipörgő kerék (ABS, ASR), gyufa gyújtása, korcsolyázás és síelés stb.

Technikai kiegészítés:

Legyen tartalék rizs a helyszínen is, hátha kiborul a PET-ből.

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- Az első kísérlet lehetőséget ad a csúszási és a tapadási súrlódási erő nagysága közti különbségre.
- A második kísérlet kapcsán a súrlódás csökkentésének módjairól, a golyóscsapágy működési elvéről is beszélhetünk. Ezt a kísérletet a viszonylag kis mérete miatt körbenállósan, közelről érdemes megmutatni.
- Érdemes tudatosítani a diákokban, hogy a súrlódás egyes esetekben lehet káros és csökkenteni kell, és lehet hasznos is, amikor növelni kell. Ha van rá lehetőség, gyűjtessünk velük példákat mindkét esetre.

6. LÉGPÁRNÁS CD

CD közepén levő lyukra üdítősfalakon-lezárót ragasztunk és erre felfújunk lufit húzunk. Ha a lezárót kinyitva kiengedjük a lufiból a levegőt, a CD légpárnás járműként viselkedik.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Annak bemutatása, milyen lehetőségek vannak a súrlódási erő csökkentésére
- Légpárnás eszközök működési elvének bemutatása

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet (diákok is végezhetik)

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• CD • üdítősfalakon „szívókás” kupakja • lufi	• folyékony ragasztó vagy plakátragasztó

A kísérlet kivitelezése:

1. CD-re üdítősfalakon „szívókás” kupakját ragasztottuk légmentesen.
2. Zárjuk le a kupakot!
3. Fújunk fel a lufit, és húzzuk rá a kupakra!
4. Helyezzük a CD-t sima felületre, pl. asztal lapjára!
5. Nyissuk fel a kupakot és pöccintsük meg a CD-t! Figyeltessük meg, hogyan mozog!

Technikai javaslat:

- Ha asztalon csináljuk, könnyen leesik a CD. Ezért érdemes a diákokkal körbeállítani, akik a kezükkel falat, kerítést tudnak alkotni.
- A lufi felfújása miatt nem higiénikus közreadni kipróbálásra.

Variációk, fokozatok:

Az eszközt a diákok is elkészíthetik, és versenyt rendezhetnek, melyiküké csúszik messzebb a padlón, esetleg léghoki meccs is lehet.

Analógia:

Légpárnás járművek, „kocsmái” játékként sűrítettlevegős léghoki asztal

Technikai kiegészítés:

A „szívóka” ragasztása könnyen letörhet, repedhet, ahol szökhet a levegő.

A „szívóka” zárása és nyitása körülményes is lehet. Alternatív megoldásként tollvég és védőcső darabka is lehetséges Darvas József videója alapján:

<https://www.youtube.com/shorts/1GojIJ-FNqY>

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- Nagyobb lufival hosszabb mozgásidőt tudunk létrehozni. Ha túlságosan nagy a lufi, akkor a légellenállás miatt az eszköz viszonylag lassan fog mozogni. Mindenképpen ki kell próbálni előzetesen!
- Igyekezzünk úgy ráhúzni a lufit a kupakra, hogy minél rövidebb „szára” legyen, különben a megpöccintésnél a lufi eldől oldalra és az eszköz nem fog megfelelően mozogni.
- Ez a kísérlet is lehetőséget ad arra, hogy megbeszéljük a diákokkal, milyen módokon lehet a súrlódási erőt csökkenteni, és ez mikor hasznos és mikor káros.
- Mindenképpen körbeállósan mutassuk be, mert a viszonylag kicsi eszköz távolabbról nem látszik.

7. EGYMÁSBA LAPOLT KÖNYVEK ÉS RUGÓS ERŐMÉRŐK SZÉTHÚZÁSA

- A) Egymásba lapolt könyvek lapjai között összeadódik a súrlódási erő, így nehezen vagy egyáltalán nem lehet széthúzni őket.
- B) Rugós erőmérőkkel az erő-ellenerő törvényének megtapasztalása.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- A súrlódási erők összeadódhatnak
- Több erő összege különböző forgató hatásokat eredményezhet
- Az erők párban lépnek fel
- Az erő mérhető

A kísérlet formája: tanári előkészítés után diákok végzik el

<i>Szükséges eszközök:</i>	<i>Szükséges anyagok:</i>
• két (tan)könyv, akár diákoktól kölcsönkérve • asztalon két nyitott könyvnyi hely • 3 db rugós erőmérő (különböző méréshatárokkal)	

A kísérlet kivitelezése:

A) Egymásba lapolt könyvek:

1. A két könyvet egymás mellé fektetjük az asztalra, a jobb oldali a kezdő borítónál, a bal oldali a hátsó borítónál van nyitva.
2. Egymásba lapoljuk a könyveket, váltakozva jobb-bal lapokkal.
3. Két diákot megkérünk, hogy egy-egy könyvet gerincnél fogva próbálják azokat széthúzni.
4. Láthatóan nem fog sikerülni.

B) Rugós erőmérők:

1. Rugós erőmérőt beakasztunk valahová (csap, kulcslyuk, széktámla, pad kampója, diák golyóstolla stb.)
2. Húzzuk egy adott erővel a műszert, olvassuk le az értéket.
3. Akasszunk egymásba két erőmérőt, és húzzuk az előzővel egyező erővel.
4. Mindkét műszer azonos értéket mutat.

Technikai javaslat:

- Időt nyerünk, ha a könyv vastagságától függően 2-3, sőt 8-10 oldalanként lapozunk. Ekkor viszont gyengébb a súrlódás, könnyebben is szétszedhető.
- A súrlódási erő növelhető, ha valóban egyesével lapozunk, és elég sok lap van a könyvekben. (kb. 100 oldal már alkalmas)
- Nagyjából egyforma méretű (lapszám, alak) könyveket használjunk!

- A tankönyvek jó méretűek, de vigyázzunk: az erősebb diákok képesek széttépni a könyvet, vagy minimum a borítóját, bekötését letépik. Olyan könyvet használjunk, amiért nem kár annyira, vagy jelezzük a diákoknak, hogy nem erőművész mutatóványt kérünk tőlük.
- Az erőmérőket próbálja ki mindenki, akár csak egyet, akár egyszerre kettőt is.
- Hívjuk fel a figyelmet, hogy az erőmérő nem sporteszköz, a kis méréshatárúak lágyabb rugóúak, ezért könnyen tönkre tehetőek.

Variációk, fokozatok:

- Sikeres bemutatás, kipróbálás után lapozzuk szét a könyveket, hogy látszódjon: oldható a kötés.
- Az erőmérőkkel mérjük meg néhány tárgy súlyát (tolltartó, hátizsák, dzseki, tornafelszerelés, cipő stb.)

Analógia:

Autók kuplungtárcsái, hengerkerékre csévéltek kötélen sok menet esetén már nagyon nehezen csúszik meg

Technikai kiegészítés: -

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A diákok szívesen próbálkoznak a könyv széthúzással, érdemes több párost is kihívni.
- A kísérlet az egybehajtogatás miatt időigényes. Eközben érdemes beszélgetni a diákokkal, pl. megbeszélhetjük, hogy kik lesznek a próbálkozó párosok.
- Az erőmérést és a könyves próbálkozást tudjuk párhuzamosítani, ezzel lekötve minél több diákot.

8. TOLHATÓ ÉS HÚZHATÓ KÖTÉL

Kábeldob orsóra csévélte madzag végét húzva akár felénk, akár tőlünk távolodva is gurulhat az orsó.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- A súrlódás szerepe a kerék gördülésénél
- Több erőnek különböző eredő forgatóhatása lehet, az irányuktól függően.

A kísérlet formája: tanári bemutató után a diákok is kipróbálják

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• kábeldob orsó rácsévélte és rögzített spárgával • megfelelő súrlódású padlózat • 1-2 méternyi gurulási lehetőség	

A kísérlet kivitelezése:

1. Az orsóra felcsévéljük a madzagot, az orsót lehelyezzük gördülőképes helyzetbe.
2. Megfogjuk a madzag végét és húzzuk, kétféle módon.
3. Ha kellően laposan húzzuk, akkor felénk kezd gördülni.
4. Ha kellően függőlegesen tartva húzzuk, akkor tőlünk távolodva kezd gördülni.

Technikai javaslat:

- Előzetesen ki kell próbálnunk, még közönség nélkül, hogy milyen felületen sikeres a jelenség! Akár az asztal, akár a padlózat is lehet túl csúszós, ami nem jó.
- A madzagot a henger közepére kell csévélni, különben az orsó könnyen elfordul.

Variációk, fokozatok:

Érdeklődő diákoknak eszébe is juthat, hogy létezik-e a madzagnak olyan szöghelyzete, amikor húzzuk a madzagot, de se nem távolodva, se nem közeledve nem akar fordulni az orsó. Van: ekkor forgás nélkül tisztán csúszik felénk.

Analógia:

A járművek gördüléséhez kell a súrlódás.

Technikai kiegészítés: -

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A jelenség matematikája bonyolult általános iskolás szinten, trigonometriát és egyenletrendszert is igényel. Elegendő annyit megérteniük, hogy a húzóerő is forgatni akar kis sugáron, ugyanakkor a súrlódási erő is forgatni akar nagy sugáron. A két forgatóhatás ellentétes irányú. Hogy melyik „nyer”, az a kötélszöghelyzetétől függ.

9. EGYENSÚLYOZÓ SZÖGEK, VILLÁK, KALAPÁCS

- A) Egymásba szúrt villák megtámaszthatók egy asztal szélén egy fogpiszkálóval, mert a rendszer súlypontja a felfüggesztési pont alatt van.
- B) Szögeket megfelelő módon szintén feltámaszthatunk egyetlen beszúrt szögbe.
- C) Asztal szélén egyensúlyozó kalapács

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Stabil egyensúlyi helyzet bemutatása

A kísérlet formája: a diákok működtetik, megpróbálhatják kitalálni a megoldást

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• villa, 2 db • fogpiszkáló • hungarocell-lap • min. 6+1 szög vagy több • kalapács • befőttesgumi • 30 cm-es vonalzó • asztallap széle	

A kísérlet kivitelezése:

1. Egyensúlyozó villák
 - a. A két villa fogait szúrjuk egymásba!
 - b. Fogjuk a kezünkbe a fogpiszkálót, és tegyük a végére az összefogott villákat!
 - c. Figyeltsük meg, hogy a villák stabil egyensúlyi helyzetben vannak! Ha meglökjük őket, akkor is visszatérnek egyensúlyi állapotukba.
 - d. Darvas József megoldása:
https://www.youtube.com/watch?v=DCw1_RlhonA
2. Egyensúlyozó szögek
 - a. A hungarocell-lapba szúrjunk egy szöget, majd 4 vagy több szöget rakjunk egymásra az alábbi videónak megfelelően:
https://www.youtube.com/watch?v=9xtXg_6C8QE
Darvas József megoldása:
<https://www.youtube.com/watch?v=LNo35gouwAQ>
3. Egyensúlyozó kalapács:
 - a. A videó alapján állítsuk össze az asztal szélén egyensúlyozó kalapácsot!
<https://www.youtube.com/shorts/HF-RdUh7UM8>



Technikai javaslat:

- Hungarocell lap helyett az alap támaszt adó függőleges szöget egy lécdarabba előre beverhetjük.
- A hungarocell lap könnyen morzsolódik, darabolódik, nem érdemes ki-be húzni a szöget.
- Összerakáskor a szögek H-betűje olvashatóan felém nézzen, ekkor tudjuk jobbról-balról könnyen megfogni.

Variációk, fokozatok:

- Nem kell elsőre felhasználni az összes szöget. Az alapfeladat az is lehet, hogy 1 db szögre 6 másikat kell felrakni. Utána a többit „nádtetős házként” óvatosan hozzátehetjük az építményhez.
- Billegtessük meg a szögeket, hogy lássák a diákok: visszafordul stabil egyensúlyba a rendszer.
- *Egy bot (seprűnyél) súlypontjának megkeresése* is kipróbálható feladat. A két mutatóujjat kell egyszerre a szélekről befelé tolni a vízszintes nyél alatt. Az ujjak a súlypont alatt találkoznak.

Analógia:

Cirkuszi mutatvány a kötélén bicikliző ember, ahol a biciklinek lelógó ellensúly van az alján. A keljfeljancsi is kissé hasonló működési elvű, ott tisztán a forgatónyomatékok egyensúlya a lényeg, de az alátámasztás alatt nincs tömegpont.

Technikai kiegészítés:

Nagyobb szögekkel kicsit egyszerűbb és látványosabb is elvégezni. Ugyanakkor a nagyobb szögek a súlyuk miatt balesetveszélyesebbek, ha az építmény ledől. Ezért feltétlen csiszoljuk tompára, sőt síkba a szögek hegyét!

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A kísérlet jó lehetőséget ad arra, hogy a magyarázat során beszéljünk a diákokkal a súlypontról, nehézségi erőről, forgatónyomatékról.
- Beszélhetünk a stabil, instabil és metastabil egyensúlyi helyzet fogalmáról is.
- A diákok versenyt is rendezhetnek: ki tud adott mennyiségű szöget minél hamarabb így felállítani vagy adott idő alatt minél több szöget felállítani.
- A szögeknél a kulcs a szimmetria, a H-betűs alap alakzat. Szinte minden osztályban van egy diák, aki rövid idő alatt rájön a megoldásra.
- Időspórolás miatt már be lehet készíteni H-alakba a szögeket, a ráemelést is kihívás.
- A forgatónyomatékok, illetve egyensúlyuk általános iskolás szinten absztrakciós határeset, kihívás ilyen rövid időben.

10. FELFORDÍTOTT VIZESVÖDÖR

Egy vízzel teli, lefelé néző vödörből sem folyik ki a víz, ha forgatjuk.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Meghökkenés
- A forgó mozgás erőhatásainak bemutatása

A kísérlet formája: tanári bemutatás után tanulók is kipróbálhatják

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• műanyag vödör fülel, rákötött madzaggal	• víz a vödörbe (max. félig)

A kísérlet kivitelezése:

1. Először elképzeltetjük (ha van másik vödör is, akkor megmutatjuk), hogy ha felfordítjuk a vödröt, kifolyik belőle a víz.
2. A vödör vizet megfogjuk a madzagnál fogva.
3. Néhány, egyre nagyobb lengetés után függőleges síkban forgatni kezdjük a vödröt.

Technikai javaslat:

Érdemes több eszközt is gyártani, hogy rövid idő alatt több diák is kipróbálhassa! Előzetesen elegendő helyet kell készíteni a forgatáshoz (lámpa, projektor is veszélyben lehet).

Ha véletlen kifolyna a víz, legyen feltörlő eszköz a közelben.

Variációk, fokozatok: -

Analógia:

Átfordulós hullámvasútból sem esünk ki.

A kanyarodó autó nem sodródik ki, ha megdöntik az úttestet.

Technikai kiegészítés:

Mindig ellenőrizzük a fül épségét, nehogy elrepüljön a vízzel teli vödör.

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A centrifugális erő (együtt forgó rendszerből vizsgálva) és a centripetális erő (kívülről vizsgálva) szemléletbeli különbsége itt nagyon adódna, de a forgómozgás erőhatásai csak középiskolai tananyag. Elég annyit mondani, hogy habár a víz „elszállna”, a vödör aljának befelé húzásával mi akadályozzuk meg az elrepülést.

2. KÍSÉRLETSOR:
REZGÉSEK, HULLÁMOK, HANGOK
AVAGY KÍSÉRLETEK A HANG KELETKEZÉSÉRŐL, TERJEDÉSÉRŐL

- 11. Pohár-telefon**
- 12. A hangvilla fizikája**
- 13. Zenélő pörgetett cső**
- 14. Szívószálduda**
- 15. Láthatóvá tesszük a hullámokat**
- 16. A zenélő talpaspohár**

11. POHÁR-TELEFON

Két papírpohár alját kilyukasztva és azokat kifeszített madzaggal összekötve telefonálhatunk, ugyanis a madzagon terjednek a hanghullámok.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- A hang mint mechanikai rezgés, hullám terjedésének bemutatása

A kísérlet formája: rövid útmutató alapján a diákok végezhetik

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• 2 db papírpohár • spárga • olló	

A kísérlet kivitelezése:

1. A két papírpohár alját kilyukasztjuk, és spárgát fűzve beléjük, összekötjük őket.
2. Két diák fogja meg az egyik, illetve a másik poharat, és menjenek egymástól olyan távolra, hogy a madzag éppen megfeszüljön!
3. Beszéljen bele az egyik diák a pohárba halkán, miközben a másik a füléhez szorítja a másik poharat!

Technikai javaslat:

- A már összeállított eszközt kell a diákok kezébe adni.
- A poharak tengelye legyen a kifeszített madzag, ne forgassák el a poharakat!
- Rövid (max. 1-2 m) madzaggal kisebb a helyigény, így esetleg több páros is tud több eszközzel párhuzamosan beszélgetni.

Variációk, fokozatok: -

Analógia:

A hang terjedéséhez közvetítő közeg szükséges.

Technikai kiegészítés: -

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A diákok a madzag lefogásával kipróbálhatják, hogy a rajta terjedő rezgéseket hogyan lehet kioltani.
- Hívjuk fel a diákok figyelmét arra, hogy a kísérlet mutatja, hogy a mechanikai hullámok terjedéséhez valamilyen közvetítő közeg szükséges.
- Vigyázzunk, hogy a madzag fesztett legyen (megbeszélhető a diákokkal, hogy ez miért szükséges), ugyanakkor vigyázni kell, nehogy kitépjék a csomót a pohár aljából.

12. A HANGVILLA FIZIKÁJA

A hangvilla tulajdonságainak vizsgálata (hangosabban szól az asztalhoz érintve, rezonancia, lebegés).

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- A hangvilla rezgésének bemutatása

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet (diákok is végezhetik)

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• Különböző frekvenciájú hangvillák rezonátordobozzal, ütővel https://www.taneszkozcentrum.hu/hangvilla_kulonbozo_frekvenciaju_hangvillak_rezonatordobozzal_utovel_1604#kategoriak	• egy tányérnyi/pohárnyi víz • víz feltörő anyag 

A kísérlet kivitelezése:

1. Üssük meg a hangvillát, és figyeltesd meg a diákokkal, hogy hangját nagyon halkán halljuk! Újabb megütés után érintsük hozzá a hangvilla alját az asztalhoz, és figyeltesd meg, hogy sokkal hangosabban halljuk!
2. Átadhatjuk a diákoknak a hangvillát, hogy üssék meg, és fülük mellett tartva függőleges tengely mentén forgassák körbe. Figyeljék meg, hogy hol halkán, hol erősebben hallják a hangját!
3. A hangvilla rezgése nem látszik, de ha vízfelszínéhez érintjük, fröcsköli a vizet.

Technikai javaslat:

- Nem zajos, zárt ablakú teremben érdemes elvégezni a kis hangerők miatt.
- A víz fröcsköléséhez törlést is készítsünk be (papír, szivacs)

Variációk, fokozatok: -

Analógia:

- A hangvillák segítségével bemutathatjuk a rezonanciát és a hangszerek fizikáját.

Technikai kiegészítés: -

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A hangvillával végzett kísérletek során fontos, hogy a csoport csendben legyen, hogy hallani lehessen a hangvilla hangját!
- A hangvillát kezünkkel, gumi- vagy parafavégű kalapáccsal is megszólaltathatjuk, de kellő elővigyázatosság mellett az asztalhoz is üthetjük.
- A zenéhez értő diákokat érdemes bevonni az elvégzésbe.

13. ZENÉLŐ PÖRGETETT CSŐ

A megpörgetett műanyag szennyvíz gégecső a forgatás sebességétől függően különböző magasságú hangokat ad ki.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- A hang a levegő rezgése
- Gyorsabb áramlás nagyobb frekvenciájú rezgést okoz

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet után a diákok is végezhetik

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• (min.) 1 db bordázott gégecső (5/4" JollyFlex néven is megtalálható)	• papírfecnik

A kísérlet kivitelezése:

- Szennyvízcsőnek látszó hangszerünk van, „hangoljuk be”: széthúzáskor meglepő hangja van.
- A vastagabb végét jobb kézbe véve megforgatjuk a csövet. Ekkor dudáló zenei hangot ad.
- Ha gyorsabban forgatjuk, magasabb hangot ad.
- A belsejében áramló levegő zenél: ha befogjuk a cső alját, nincs áramlás, nincs hang sem.

Technikai javaslat:

- A kihúzás fontos: a bordákon vannak örvényleválások, tehát összenyomott állapotban csak egy rövid, sima falú csövünk van, ami nem ad hangot.
- Ezért ne legyenek összetapadt bordák, húzzuk ki teljesen.
- A gyors pörgetést csuklóból érdemes végezni, nem alkarból.

Variációk, fokozatok:

- Egy átlagos 80 cm-es csővel 4 hangot tudunk kiadni.
- A negyedik, legmagasabb hanghoz nagyon gyorsan kell pörgetni a csövet, ekkor 3-4 másodpercig tudjuk pörgetni. Versenyre lehet motiválni, ha azt mondjuk, hogy lezáratjuk év végi ötösre testnevelésből azt a diákot, aki egy percig kitartja a legmagasabb hangot.
- *Centrifugál-szivattyúnak („porszívónak”)* is használható: zsebkendő fecniket helyezünk az asztalra. Egyik kézzel a „szemét” fölé fixáljuk a csővéget, a másik kézzel pörgetjük. Ekkor felszippanjtja, de szét is szórja a darabkákat.

Analógia:

- Fúvós hangszerekben kialakuló állóhullámok (orgona is).
- Centrifugálszivattyú hajókon

Technikai kiegészítés:

Vigyázni kell, hogy pörgetéskor se tárgyakat, se embereket ne üssünk meg! A pörgető embernek hely kell, alaposan mérjük fel a biztonsági távolságokat!

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- Erős középiskolás szintű probléma, de felvethető: Habár folyamatosan növeljük a fordulatszámot, mégis meghatározott magasságú hangokat ad ki. A magyarázat a két végén nyitott csőben létrejövő, adott hullámhosszú – így adott frekvenciájú – állóhullámok diszkrét lehetőségében van.
- A zenélési feladat jó energia levezető a mozgásigényes diákoknak.

14. SZÍVÓSZÁLDUDA

Egy ollóval formára vágott szívószál megfújva dudaként viselkedik. A kiadott hang magassága függ a szívószál hosszúságától.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- A hangkeltés egy érdekes egy érdekes módjának bemutatása
- Hangszerek megszólaltatási módjának modellezése
- A hangmagasság befolyásolásának bemutatása

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• műanyag szívószálak • olló	

A kísérlet kivitelezése:

1. A szívószál egyik végét az olló pengéjének a visszájával ellaposítjuk, leélezzük.
2. Ollóval vágjuk le a kialakult sarkokat. Ismét utána élezünk. A kialakult csúcsos fúvóka lesz a „hangszer” súpja.
3. 1,5-2 cm mélyen az ajkaink közé vesszük és fújunk meg a szívószálat a súp felőli részénél! Figyeltessük meg, hogy hangot ad ki!
4. Ez így egy darab hang, elég unalmas. Ha más hangot is szeretnénk kiadni a két tenyerünk öblébe fújva lehet „nyávogtatni”.
5. Zeneibb hangok lesznek, ha folyamatos fújás közben ollóval levágunk a szívószál végéből, egyre magasabb hangon szól a „hangszer”.

Technikai javaslat:

- Csak műanyag szívószállal működik, amit elvileg nem lehet vásárolni. Ugyanakkor Kínából rendelhető, és még jónéhány háztartásban, vendéglátóhelyen vannak elfekvő készletek, érdemes gyűjteni diákokkal, rákérdezni.
- A laposfogóval megnyújtott változat is működhet, de a most ismertetett módszer kisebb erőfeszítést és kevesebb szerszámot igényel.

Variációk, fokozatok:

- A hang magasságát úgy is módosíthatjuk, ha egy kisebb vagy nagyobb átmérőjű szívószálat húzunk bele/rá a súpra, és azt ki-be tolva mozgatjuk (mint a harsona esetén).
- Utaljunk még az orgonára: nem csak a cső hosszával, hanem az átmérőjével is szabályozzák a hangmagasságot.
- Lehet találni óriás szívószálat is (70-100 cm). A nagy hossza miatt meglepően nagyon mély az alaphangja.

Analógia:

- A magyarázat során itt sem érdemes elvont hangtani fogalmakba belemenni, gyakorlati példaként hozhatjuk mindegyik fúvós hangszert, pl. a furulyát, a pozant (harsonát), sőt az orgonasípokot, ahol szintén a rezgő légoszlop hosszúsága határozza meg a hallott hang magasságát.

Technikai kiegészítés:

- A levágott szívószál darabkákat a végén össze kell söpörni.
- Egyes diákok lazán összeszedik és a szájukba veszik a darabkákat, Semmiképpen se tegyék, mert életveszélyes, ha légcsőbe, nyelőcsőbe kerül!

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A fertőzésveszély elkerülése érdekében és a véges készletek miatt is a szívószálat ne adjuk át más diáknak, hogy ő is megfújja! Tipikus demonstrációs kísérlet.
- Egy osztálynyi diák között mindig van legalább egy, aki megkérdezi, hogy visszafelé vágva nem lehet-e fújni, mélyítve a hangot? Ez tipikus irreverzibilis folyamat, legfeljebb visszafelé lejátszott filmen működik. Ugyanakkor az említett meghosszabbított szívószálas eljárás pontosan ezt a megfordíthatóságot idézi elő.
- Szívószál zenéhez szintén szoktak ötletelni, miszerint vágjunk rá lyukakat, mint egy furulyára. ez alapvetően jó ötlet, csak körülményes!

15. LÁTHATÓVÁ TESSZÜK A HULLÁMOKAT

A) Transzverzális és longitudinális hullámok bemutatása rugó segítségével.

B) Rajzoljunk a hangunkkal!

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Kétféle hullám megismerése
- A rezgések és hullámok kapcsolata
- A hang rezgést jelent

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet (diákok is végezhetik)

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• lépcsómászó műanyag színes rugó • lézer fényforrás • Lissajous-cső: kemény cső végén lufi membrán és a membránra ragasztott tükördarab • segítő közreműködő	

A kísérlet kivitelezése:

A) Longitudinális és transzverzális hullámok szemléltetése

- a. Tegyük ki a lépcsómászó színes tekercsrugót az asztalra!
- b. Mozgassuk a rugó egyik végét oda-vissza a rugó tengelye mentén! Figyeltessük meg a sűrűsödéseket és a ritkulásokat, azaz a longitudinális hullámokat!
- c. Mozgassuk a rugó egyik végét a tengelyére merőlegesen! Figyeltessük meg a hullámhegyeket és hullámvölgyeket, azaz a transzverzális hullámokat!
- d. A levegőben is tarthatjuk, segítővel, ekkor kisebb a csillapodás! A longitudinális előállításához 8-10 menetet kézzel összehúzva sűríteni kell. A transzverzálisra pedig vagy ütügetni, vagy fel-le rezgetni kell a rugót.

B) Az előadó a cső szabad végébe beszél, kiált, hangos hangokat ad ki. A segítő biztos kézzel rávilágít a csővégen lévő tükörrre. A kiabálással szemközti falon Lissajous-görbe rajzolatok keletkeznek hangmagasságtól és hangerőtől függően.

Technikai javaslat:

- A színes műanyag rugóval könnyebb előállítani a hullámokat, mint egy fém tekercsrugóval, a kisebb önsúly miatt kisebb a belógása. Előzetes gyakorlást ajánlunk bemutatás előtt!
- A diákok számára segíteni kell, hogy hol, melyik falon várják a lézer rajzolatot.

Variációk, fokozatok:

- Biztonságosabbá tehető, ha egy mikrofónállványra rögzítjük a Lissajous-csövet, mert ekkor legalább az nyugalomban van.

- Előre ki kell próbálnia az előadónak, hogy milyen jellegű hangra tud „gólyafészek” vagy „fecskefészek” rajzolatot kiabálni, esetleg szabályosabb ellipszist, kört.

Analógia:

- A hang is rezgés.
- A rezgés tovaterjedése egy közegben a hullám. A vízfelszíni hullámokban is a víz részecskéi rezegnek, időeltolással.

Technikai kiegészítés:

- A lézer akkuja legyen feltöltve!
- Biztos kezű embert kérjünk a lézerhez, pl. a helyi felügyelő kollégát, hogy garantáltan ne a szemünkbe világítson a lézer.
- A segítő biztonságból letről, lassan emelje a lézerfoltot a tükörhöz.
- Úgy állítsuk a diákokat, hogy ne legyen esélye a lézernek a szemükbe jutni, tükröződve se!
- A lézert és a tükrös csövet egybe lehet szerkeszteni egy kb. fél méteres deszkára. Ekkor egyszemélyessé, egykezessé, és sokkal biztonságosabbá válik a kísérlet.

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A tapasztalatok megfigyelése és megbeszélése során beszéljünk a diákokkal a kétféle hullámról, terjedési közegükről és arról, hogy pl. a levegőben terjedő hang melyik fajtába tartozik!

16. A ZENÉLŐ TALPASPOHÁR

Rezonancia alapú zenélés vízzel töltött talpaspohárral

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- A hangkeltés különleges módja
- A rezonancia egyik megjelenési módja
- A hang rezgést jelent

A kísérlet formája: tanári bemutató után a diákok is végezhetik

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• talpas üvegpohár (boros) • egy tetszőleges edény, amibe átönthető a pohárból a víz	• 2-3 dl víz

A kísérlet kivitelezése:

A talpaspohárba vizet töltünk. Megvizezzük a mutatóujjunkat, amivel lassan, körkörösén simogatjuk a pohár száját. Megfelelő sebességnél és nyomás erősségnél a pohár jól hallható hangot ad. Hangolható, ha leöntünk a vízből.

Technikai javaslat:

- Hogy ne dőljön fel a simogatás közben, a másik kezünkkel foguk le a pohár talpát. az asztalhoz.
- Kellően csendben kell lennünk, mert nem egyformán hangosak a különböző hangok.
- Létrejöhét rezonancia katasztrófa is: a pohár megreped, törik. Ennek kicsi az esélye, de számítsunk rá.

Variációk, fokozatok:

- Akár több poharat is beállíthatunk, ekkor akár egyszerűbb dallamot is össze lehet hozni, ha egy poharat egy ember kezel.
- Figyeltessük meg, hogy a kevesebb víz magasabb hangot eredményez.
- Gondolkodtató kérdés: Milyen lesz a hang, ha nincs víz a pohárban? A legtöbben hangtalanságra tippelnek. Nem, ekkor lesz a legmagasabb a hang. Eddig a víz és az üveg rezgett együtt, most csak az üveg rezeg.

Analógia:

- A hang is rezgés.
- A jelenség rezonancia: (gerjesztő)rezgés hatására létrejövő rezgés. Sok ilyen jelenség van, a hintázástól a hídon menetelésig. A vonós hangszerекnél is súrlódás miatt rezonál az üreg.
- Művészi mutatványként is működik. Bach D-moll toccata és fuga:
<https://www.youtube.com/watch?v=XKRj-T4l-e8>

Technikai kiegészítés:

- A pohár legyen kellően vékony falú.
- A vizes kezek miatt az asztal vizes lesz, törlést készítsünk elő!
- Óvatos, lassú mozgások kellenek, nehogy leverje valaki a poharat!

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A kísérletet a súrlódásos jelenségek közé is be lehet sorolni, hiszen a csúszó ujjunk a súrlódás miatt „zötyögve” mozog, ez jelenti a gerjesztő rezgést.
- Ha kellően közelről nézzük, a pohár víz felületén szép felületi állóhullámok is kialakulnak.

3. KÍSÉRLETSOR: HIDROSZTATIKA ÉS ÁRAMLÁSTAN

AVAGY KÍSÉRLETEK A NYOMÁSSAL, VÍZZEL, LEVEGŐVEL

- 17. Konzervdoboz-ágyú**
- 18. Az elfújhatatlan ping-pong labda**
- 19. Segner-helikopter**
- 20. A „semmi” öntögetése**
- 21. Vízszippantás és tálcaemelés**
- 22. Amikor nem folyik ki a víz**
- 23. Poháremelés lufival**
- 24. Sörösdoboz-roppantás**
- 25. Léctörés újságpapírral és a tapadókorong**
- 26. Milyen nagy a légnyomás?**
- 27. A vízben is terjed a nyomás?**
- 28. Víz tornádó**
- 29. Cartesius-búvár**
- 30. Pumpás PET-rakéta**
- 31. Kiömlés lyukakon**

17. KONZERVDOBOZ-ÁGYÚ

Egyik oldalán lyukasztott lappal, másikon gumilappal lezárt konzervdobozból légörvények kelthetők, mellyel meglebbenthető egy fonál, eloltható egy mécses.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Meghökkenés
- Levegő áramlásának, örvények keletkezésének és stabilitásának megismerése

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet (tanulók is elvégezhetik)

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• nagy konzervdoboz, egyik oldalán kis nyílás, másik nyílásán gumilap • füstgép folyadékkal, konnektorral • hurkapálca • fonál • gyertya/mécses • befőttesgumik	• gyufa

A kísérlet kivitelezése:

1. Az „ágyút”, már elkészítve találjuk a dobozban: a konzervdoboz egyik oldalán egy kis nyílást hoztunk létre, másik nyílását pedig gumilappal fedtük le. (Szükség esetén a gumilap szétvágott gumikesztyűvel pótolható.)
2. A hurkapálcára kössünk 8-10 lelógó fonaldarabot, ez lesz a „céltábla”.
3. Pöccintsük meg a gumilapot az ujjunkkal, miközben a kis nyílást a felfüggesztett fonalak felé irányítjuk.
4. Figyeltessük meg, hogy a fonalak meglebbenek, ugyanúgy, mintha erős, impulzusszerű fújás érte volna őket.
5. *Láng oltása:* Gyújtsuk meg a teamécsest és felé fordítva pöccintsük meg a gumilapot. Figyeltessük meg, hogy egészen messziről is eloltható a láng.

Technikai javaslat:

- A füstgép időnként felfűt, majd hűl, számítani kell a kb. 20 másodperces üzemszünetekre!

Variációk, fokozatok:

- Bemutatjuk a konzervdobozt: ha megütögetem levegő karikák jönnek ki belőle. A közönség természetesen nem látja. Ekkor jön az ötlet, hogy használjunk füstgépet.
- A „füst” (valójában gőz) láthatóvá teszi a gyűrűket, könnyebb is célozni vele, akár emberekre is.
- Darvas József megoldása: <https://www.youtube.com/shorts/wR4VfLM9noQ>

Analógia:

- Gyűrűs áramlás keletkezik pl. az Etna fölött, amikor hó csúszik a lávába, akár 200 m átmérőjű, hosszan megmaradó alakzat is lehet.
Gyűrűk az Etnán: <https://www.youtube.com/watch?v=VJaASZINnkk>
- Gyűrűs áramlású légbuborék keletkezik, ha delfinek/búvárok fújnak levegőt a víz alatt. Ha pl. egy medúza belekerül, látszik a gyors forgás is.
Medúza forog a gyűrűn: <https://www.youtube.com/watch?v=JXkWSgU-CL0>
Búvár gyűrűt fúj: <https://www.youtube.com/watch?v=Y5VrHHAMvbk>
- Fekete füstgyűrű Budapest felett (a cikkben a beágyazott videót kell elindítani):
<https://www.borsonline.hu/aktualis/2022/11/hatborzongato-jelenseg-tunt-fel-budapest-egen-tobben-levideoztak>
- Amikor szivarozás közben füstkarikát fújnak, ugyanez a jelenség játszódik le, megfelelő nyílást kell kialakítani az ajkából és ügyesen (impulzusszerűen) kell kifújni a füstöt.

Technikai kiegészítés:

- Legyen mozdulatlan (huzatmentes) a levegő, a jelenség csak beltérben működik.
- A fehér gyűrűk sötét háttér előtt jobban látszanak, figyeljünk a megvilágításra!
- A füstgép miatt előzetesen ki kell kapcsolni a füstérzékelőt, vagy le kell takarni egy megfelelő műanyag sapkával.
- Nagyobb edény, hordó esetén a gumi membrán lehet egy gyógyszerárban kapható gumilepedő is.

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A kísérlet magyarázata, hogy a pöccintés hatására a konzervdobozból levegő áramlik ki. Ennek egy része a kis nyílásba „beleakad”, így örvény jött létre. Az örvény igen stabil képződmény, sokáig megmarad, így tudta „ellökni” a fonalakat.
- Az ágyút akár a diákok arca felé is irányíthatjuk, hogy érezzék a kiáramló levegőt.
- Folyókban hídpillérek mögött is hasonló, áramlási okokból jönnek létre örvények.
- Bár a kísérlet elméleti háttere egyetemi matematikát igényel, látványossága és gyakorlati vonatkozásai miatt mindenképp érdemes foglalkozni vele.
- A diákok nagyon szeretik nézni és elkapkodni is a gyűrűket.
- Egyesek nagyon élvezik, egyesek nagyon nem szeretik, ha rájuk „lövünk”.
- Van, aki felteszi a kérdést: szögletes lyukon tudunk-e pl. háromszög alakú „gyűrűt” kilőni? Már a kérdés is dicséretet érdemel! Az energiaminimumra törekvés miatt a szögletes lyukon kiáramló füst nagyon rövid idő alatt felveszi a legkedvezőbb alakzatot, ami ez a toroid lesz.

18. AZ ELFÚJHATATLAN PING-PONG LABDA

Több kísérlet Bernoulli törvényére: A tárgyakat nem tolja el az áramló levegő, vagy más irányba mozdulnak, mint várnánk.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- A levegőáramlás következményinek megismerése
- A Bernoulli-törvény szemléltetése

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet

<i>Szükséges eszközök:</i>	<i>Szükséges anyagok:</i>
• (üveg)tölcsér, közepes méretű, vékony szárú • ping-pong labda vagy hungarocell modellgolyó • hajlítható szívószál • lombfúvó • strandlabda • party-pohár	• 2 db A4-es lap • 5-6 lufiból gyűrű • gyertyaláng

A kísérlet kivitelezése:

1. Az üvegtölcsért tartsuk széles szájával felfelé és tegyük bele a ping-pong labdát!
2. Vegyük száánkba a tölcser szárát és fújjunk bele erőteljesen!
3. Figyeltessük meg, hogy a ping-pong labda nem repül ki a tölcserből, hanem folyamatosan a tölcser falának ütközik, de benne marad!
4. Fogjuk a ping-pong labdát lefelé fordított tölcserbe és így fújjuk meg a tölcsert! Figyeltessük meg, hogy a labda most is a tölcserben marad!

Technikai javaslat:

- A tölcser szára legyen minél vékonyabb, így tudjuk hosszán, nagy sebességgel fújni a levegőt. Vastag száron érzékelhetetlenül rövid lesz a jelenség.
- A tömör hungarocell labda sokkal kisebb súlyú a pingpong labdánál, látványosabban magasabbra megy.

Variációk, fokozatok:

- Egy diákot megkérhetünk a labda plafonig fújására. Ha sikerül, lezáratjuk ötösre testnevelésből. Természetesen nem fog sikerülni a mutatvány.
- Bernoulli törvényének sok megjelenése és variációja van. Néhány lehetőség még:
 - *pingpong labda lebegtetése* hajlítható szívószálon, hajszárítón
 - *strandlabda lebegtetése* lombfúvóval
 - *lufiból álló gyűrű forgatása* lombfúvóval, függőleges síkban
 - függőlegesen, párhuzamosan lógó A4-es lapok közé fújjunk, összeugranak, nem szét

- „fal” és gyertyaláng közé fújunk szívószálon át: a láng a fal felé hajlik
- „lusta pincér”: 1 dl-es party poharakat gyorsan lehet osztani, ha a meglazított pohárkupac fölött hirtelen fújásokkal szájjal elfújunk, esetleg folyamatosan lombfúvóval, amely miatt nagyon messze repülhetnek a poharak

Analógia:

A Bernoulli törvény jelenik meg pl. itt:

- a repülőgépek szárnyprofilján ez adja a dinamikus felhajtóerőt
- vonat/metró peronon felfestett biztonsági csíkon kívül már nem érvényesül a törvény, így nem nyomódik az ember a szerelvény alá
- egymás mellett gyorsan elhaladó járművek (kamionok, buszok, autók, hajók) összeütközését is okozhatja
- különböző tárgyak lebegtetése sűrített levegővel:
https://www.youtube.com/watch?v=UuX8_2h4jJg
- lufi-gyűrű lebegtetés: https://www.youtube.com/watch?v=J_DuspabLrc
- F1-es autókna is jelentős. A Mobilis(Mészáros Péter)-Széchenyi Egyetem(Hanula Barna)-MTV1(SzujóZoltán) „F1 fizika” sorozatából érdemes megnézni ezeket:
Diffúzor: https://www.youtube.com/watch?v=pb_W1WmIIX4
Leszorítóerő: <https://www.youtube.com/watch?v=6xZ9hc-Oq0c>

Technikai kiegészítés:

- Egészségügyi okokból a tölcsért ne adjuk át diákoknak, hogy ők is kipróbálják! Még saját használat esetén is minden alkalommal fertőtlenítsük a tölcsért alkohollal!

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A kísérlet magyarázata a Bernoulli-törvény: a tölcsér fala mellett a gyorsan áramló levegő nyomása lecsökken, kisebb lesz a labda mögötti nyugvó levegő nyomásánál. Így a nyomáskülönbség a labdát a tölcsérbe nyomja. Minél erősebben fújunk, annál kevésbé akar kimenni a labda.
- Alacsonyabb évfolyamú diákok számára úgy is magyarázhatjuk, hogy a labda mögött helyben maradt levegőrészecskék lökdösik vissza a labdát a tölcsérbe.
- A kísérlet bűvésztükként is bemutatható, illetve bemutatása előtt fogadást köthetünk a diákokkal!
- Bár a kísérlet elméleti háttere nem tananyag, látványossága és gyakorlati vonatkozásai miatt mindenképp érdemes foglalkozni vele.

19. SEGNER-HELIKOPTER

Lufiból a levegő a helikopter-rotorokba áramlik, amelyek végén kilépve forog és emelkedik a szerkezet.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- A forgószárny működésének megismerése
- A Segner-kerék levegős változatának megismerése (Newton III. tv-e)

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• bolti vásárlású Segner-helikopter	• kis méretű lufi

A kísérlet kivitelezése:

A három forgószárnyat beillesztjük a sárga fúvókába. A kék fúvókára lufit húzunk és felfújuk. A felfújt lufis fúvókát a forgószárnyas szerkezetre illesztjük, elengedjük. A kiáramló levegő hatására a rotor forgásba jön, a szerkezet emelkedik. Emelkedés közben sípoló hang is keletkezik.

Technikai javaslat:

Akár 3-4 m magasra is emelkedik, nézzük meg, hogy legyen helye.

Variációk, fokozatok:

- Előzetesen egy *normál lufiból is lehet rakétát* készíteni. Ez kaotikusan mozog, sosem lesz azonos a pályája.
- A helikopteres eszközünk már mindig ugyanúgy mozog. A két eszköz működési elve részben hasonló: a kiáramló levegőtől löki el magát mindkettő.

Analógia:

- A helikopter forgószárnyának működése
- A rakétaelv a Segner-kerékben is megnyilvánul (Newton III. törvénye)

Technikai kiegészítés:

Előzőleg érdemes kipróbálni a lufikat, mert ha túl puha vagy nem szorosan illeszkedik a fúvókára, akkor nem sikerül a kísérlet.

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

Ha a beépített sípolást megfigyeljük, különösen az utolsó pillanatokban jelentősen magasodik a hangja. Magyarázat: azért magasodik a hang, mert erősebben fújódik ki a levegő. A kisebb lufiban nagyobb erő van! Az egységnyi felületre több erő jut a kisebb lufiban: ezt tapasztalhatjuk is, amikor elkezdjük fújni a lufit, sokkal nehezebb növelni a méretét. A felületi feszültség jelenségével magyarázható.

20. A „SEMMI” ÖNTÖGETÉSE

A) Szódabikarbóna és ecet reakciójával előállított szén-dioxid-gázban az égő gyufa elalszik.

B) A gáz átönthető „láthatatlan módon” egy másik edénybe, és akkor abban alszik el a gyufa.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Gázok sűrűségével kapcsolatos jelenségek bemutatása
- Szén-dioxid tulajdonságainak bemutatása

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• 2 db 600 cm³-es főzőpohár • vegyszereskanál • gyufa, gyújtópálca • tálca • gyertya	• szódabikarbóna • ételecet (20%-os)

A kísérlet kivitelezése:

1. Állítsunk két nagy, egyforma főzőpoharat az asztalra egymás mellé! Tartsunk mindkettőbe égő gyufát! Figyeltsük meg, hogy a gyufa folytatja égését, hiszen teljesülnek az égés feltételei (éghető anyag, égést tápláló anyag, gyulladási hőmérséklet).
2. Szórjunk két-három vegyszereskanálnyi szódabikarbónát az egyikbe!
3. Öntsünk ecetet a szódabikarbónára! Figyeltsük meg, hogy színtelen, szagtalan gáz keletkezik!
4. Tartsunk egy égő gyufát ebbe a főzőpohárba! Figyeltsük meg, hogy elalszik, míg a másik pohárban tovább folytatja égését!
5. Az első főzőpoharat megdöntve tartsuk az üres főzőpohár fölé, „átöntve” a gázt!
6. Tartsunk ezután ebbe a főzőpohárba is égő gyufát! Figyeltsük meg, hogy a gyufa elalszik, míg az első főzőpohárban folytatja égését.

Technikai javaslat:

- Lassú mozdulatokkal mozgassuk a gázzal teli poharat, különben könnyen keveredik a levegővel, és nem lesz sikeres a kísérlet.
- A töményebb ecetből kevesebb is elég a gázfejlődéshez, a kisebb töménységűből több kell ugyanannyi gázhoz, és a folyamat is lassabb.

Variációk, fokozatok:

- Ha van rá lehetőségünk, *szárazjeget is használhatunk széndioxid előállításra.* Ekkor rengeteg szárazjeges kísérlet is végezhető, pl. szárazjeges vizes rakéta, hab

képződés, zenélő kanál, szublimálás, folyékony széndioxid PET előformában, széndioxidon úszó szappanbuborék stb.

- Ha elegendő CO_2 fejlődik, ráönthetjük a gyufára vagy egy gyertyára is, eloltva a lángot.

Analógia:

- A sűrű széndioxid megül a borospincékben: égő gyertyával kell lemenni, hogy kiderüljön, van-e oxigén. Érdeemes megemlíteni még gyakorlati példákat a gázok sűrűségével kapcsolatban (héliumos lufi, Zeppelin-léghajó, hőlégballon stb.).
- Széndioxiddal lehet tüzet oltani, tűzoltók is használják.

Technikai kiegészítés:

- Az ecettel vigyázzunk, ne kerüljön senki szemébe.
- Lehetőleg tálcán végezzük a műveletet, hogy egyszerűbb legyen a takarítás.

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- Vigyázzunk, hogy a láng a kezünktől végig távol maradjon!
- A főzőpohárban levő szén-dioxidra szappanbuborékot is fújhatunk, mely lebeg az edényben (amíg szét nem pukkan vagy bele nem diffundál elegendően sok széndioxid és így lesüllyed).

21. VÍZSZIPPANTÁS ÉS TÁLCAEMELÉS

A) Vízbe állított mécsest pohárral leborítva a mécses elalszik, a víz pedig a pohárba nyomódik a külső légnyomás miatt.

B) Ha tálcára helyezett megnedvesített papírra tett mécsesre borítunk poharat, a pohár rátapad a tálcára.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- A levegő hőtágulásának bemutatása
- Annak bemutatása, hogy az égéshez oxigén kell
- Fizika és kémia összekapcsolása
- Meghökkenés
- A légnyomás nagyságának szemléltetése

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet (diákok is végezhetik)

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• üvegpohár, magas • kis tál (pl. Petri-csésze) • műanyag tálca • lombik	• mécses • gázgyújtó • csapvíz • konyhai papírtörölő • főtt hámozott tojás • porlasztható alkohol • ételfesték (nem feltétlen)

A kísérlet kivitelezése:

A) Vízszippantás

- a. A tálba (Petri-csészébe) öntsünk vizet, majd állítsuk bele a mécsest és gyújtsuk meg!
- b. Az üvegpoharat emeljük a mécses fölé szájával lefelé, kis ideig hagyjuk ott! (Vigyázzunk, hogy a hőtől nehogy elrepedjen a pohár!)
- c. Borítsuk rá a poharat a mécsesre úgy, hogy a pohár szája mindenhol a víz alatt legyen!
- d. Figyeltessük meg, mi történik a mécses lángjával, illetve a pohárban lévő víz mennyiségével!

B) Tálcaemelés

- a. A műanyag tálcára tegyünk konyhai papírtörölőt és nedvesítsük meg!
- b. Tegyünk a konyhai papírtörőre egy teamécsest és gyújtsuk meg!
- c. Az üvegpoharat emeljük a mécses fölé szájával lefelé, kis ideig hagyjuk ott! (Vigyázzunk, hogy a hőtől nehogy elrepedjen a pohár!)
- d. Borítsuk rá a poharat a mécsesre és nyomjuk rá, hogy a pohár szája mindenhol a papírtörőre nyomódjon!
- e. Miután a mécses elaludt, fogjuk meg a poharat és emeljük fel, figyeltessük meg, hogy a tálcát is emeli magával.

Technikai javaslat:

- Érdemes ételfestékkel megszínezni a vizet, akkor egyértelműbben és messzebből is látszik a szintemelkedés.
- A tojásos lombik kísérlet esetleges elvégzése előtt a tojást és a lombik száját is vizezzük be egy kicsit, könnyebben becsúszik.
- A vízemelkedős kísérletnél érdemes előtte egy fűjásnyi alkoholos kézfertőtlenítőt beporlasztani a pohárba, sokkal látványosabb lesz a folyamat.

Variációk, fokozatok:

Hámozott főtt tojás beugrasztása lombikba: Lombikba bedobunk egy égő gyufát, majd hirtelen a lombik szájára állítunk egy hámozott főtt tojást. Pár másodperc múlva a láng kialszik, ugyanakkor a tojás benyomódik a lombikba.

Analógia:

A forrón eltett lekvár és befőtt kupakja rászorul az üvegre. Késpengével aláfesztve kiegyenlítődik a légnyomás, könnyen lecsavarható a kupak.

Technikai kiegészítés:

A tűzzel óvatosan kell bánni!

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A kísérlet tapasztalatára sok helyen hiányos és megtévesztő magyarázatot olvashatunk. Eszerint kizárólag arról van szó, hogy a leborítás után a pohár légteréből elfogyott az oxigén, ezért csökkent le benne a nyomás és az oxigén helyét foglalja el a beszívott víz. Valójában azonban főként a levegő hőtágulása a „felelős” a nyomáscsökkenésért, így a jelenség létrejöttéért. Ezért is érdemes pár másodpercre a láng felett tartanunk a poharat. Gondoljuk meg, hogy az oxigén elfogy ugyan a pohárból, de keletkezik helyette nem sokkal kevesebb szén-dioxid-gáz. Ez bár oldódik vízben, de nem olyan mértékben, hogy ekkora nyomáscsökkenést eredményezzen. (A magyarázat helyességének végiggondolásához érdemes utánanézni az ún. Hérón-labdás kísérletnek!)
- A jelenség magyarázata teljes mértékben megérthető általános iskolás szinten, érdemes tehát végigbeszélni a diákokkal!
- A tálcaemelős kísérlet végén érdemes csendben(!) meghallgattatni a diákokkal, hogy a pohár leemelésekor levegő áramlik a pohárba.

22. AMIKOR NEM FOLYIK KI A VÍZ

A) Ha egy teli pohár vizet műanyag lappal zárunk le és a poharat megfordítjuk, a víz nem folyik ki, a pohárban marad.

B) Vízrel teli edénybe poharat merítve és azt szájával lefelé kiemelve, a víz a pohárban marad.

C) Vízrel teli PET szájára pingpong labdát téve és lefelé fordítva a labda ott marad, a víz sem folyik ki.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- A légnyomás kimutatására, nagyságának szemléltetése;
- Meghökkenés.

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet (tanulók is elvégezhetik)

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• üvegpohár (sima szájú) • műanyag lapka (pl. vajas-joghurtos doboz teteje) • vízzel teli vödör • vízzel teli PET, kupak nélkül • pingpong labda	• víz

A kísérlet kivitelezése:

A) Lefedett pohár:

- Töltsük meg színültig vízzel a poharat!
- Szorítsuk rá a műanyag lapot a szájára, a közepét kissé nyomjuk be (közben mindenképp szükséges, hogy egy kis víz kifolyjon)!
- Fordítsuk lefelé a poharat és figyeltessük meg, hogy a víz benne marad!

B) Pohár kiemelése:

- Vízzel teli vödörbe merítsünk műanyag poharat és emeljük ki belőle úgy, hogy a pohár szája teljes mértékben a víz szintje alatt marad.
- Figyeltessük meg, hogy a víz a pohárban marad.
- Ha kilyukasztott aljú pohárral végezzük a kísérletet, a víz a pohárban marad, amíg a lyukat ujjunkkal befogjuk, de kifolyik, amint a lyukról ujjunkat felemeljük.

C) Pingponglabda a PET-en:

- vízzel töltsünk teljesen tele egy fél literes PET-et
- helyezzük a PET szájára a pingpong labdát úgy, hogy kissé belenyomódjon a vízbe
- egy hirtelen mozdulattal fordítsuk szájával lefelé a PET-et
- a labda a PET száján marad; ha elvesszük a labdát, természetesen kifolyik a víz

Technikai javaslat:

- Az A) kísérlet sikerességének lényege, hogy a műanyag lap körben teljesen rászoruljon a pohár szájára és kinyomjunk egy kis vizet a pohárból. A vizet ugyanis a kinyomott víz mennyiségével arányos nagyságú légnyomáskülönbség tartja a pohárban!

Variációk, fokozatok:

- A)-hoz: A pohárban maradó lapkás víz régi klasszikus kísérlet. Annakidején papírlap felhelyezését javasolták, de az könnyen átázik, és nem újrafelhasználható. Manapság sokféle, tenyérnyi műanyag lapka található, használjunk ilyen, esetleg vastagabb gumilapot.
- A hatás fokozható, ha a diákok feje fölé tesszük a lefordított, vízzel teli poharat.
- A vízzel teli pohárról a végén egy kis pöccintéssel szedjük le a lapkát egy vödör felett. Ekkor látszik, hogy vállalt kockázatot az az ember, aki engedte a feje fölé tenni az eszközt.

Analógia:

A Torricelli-kísérletet mint analógiát meg kell említeni!

Technikai kiegészítés: -

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- Az A) kísérlet bemutatása előtt itt is köthetünk fogadásokat a diákokkal, illetve bemutathatjuk bűvésztrükként. Nagy kézügyességgel rendelkezők egy vékony szintelen műanyag lappal (vastagabb fóliával) egészen komoly hatást érhetnek el!
- Az A) kísérletnél feltehető a kérdés: milyen magas lehet a pohár (vagyis a vízoszlop)? Megoldás: a légnyomás kb. 10 m magas vízoszlop nyomásával tart egyensúlyt, tehát a poharunk csaknem 10 m magas lehet, ami már cső.
- A kísérlet jó lehetőséget ad arra, hogy beszéljünk a diákokkal a légnyomás létezéséről, okáról, nagyságáról, következményeiről.

23. POHÁREMELÉS LUFIVAL

Egy üvegpohár szájához nyomott lufit tovább fújva a lufinál fogva felemelhető a pohár.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- A légnyomás kimutatására, nagyságának szemléltetése;
- Meghökkenés.

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• üveg- vagy papírpohár (sima szájú)	• lufi

A kísérlet kivitelezése:

- A lufit felfújuk egy kicsit annyira, hogy ne férjen bele a pohárba.
- Ekkor rátesszük a pohár szájára, hogy mindenhol szorosan illeszkedjen rá, a másik kezünkkel enyhén nyomhatjuk is.
- Ezután tovább fújuk a lufit.
- Ha a lufit felemeljük, a poharat is emeli, mert rászorult a pohár. Megváltozik a görbület, kevesebb lufi van a pohárban, csökken a pohárban lévő levegő nyomása.

Technikai javaslat:

- Használjunk nagyobb szájú, öblösebb üvegpoharat, amelynek kerekítettebb a pereme. Papírpohárral is működik, a perem illeszkedése a kulcs.
- Gyakorlás szükséges ahhoz, hogy egyenletesen tudjuk nyomni a lufit és egyidejűleg fel is tudjuk fújni.
- Nagyobb lufit használunk, tehát ne vízibomba jellegű kicsit.

Variációk, fokozatok:

- Némi gyakorlással és egy másik ember kezének segítségével egyszerre két pohár is feltehető a lufira, egymás közelébe. Ha filctollal szemet-szájat rajzolunk a lufira, akkor kialakult egy vicces pohár-füles állatka.

Analógia:

A tapadókorong működését modellezi.

Technikai kiegészítés: -

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- Érdekes pl. a táblára lerajzolni a jelenséget egy keresztmetszeti rajzon, ahogy a nagyobb lufi már nagyobb sugáron kevésbé mélyed a pohárba. Egyszerű a működése, de nem mindenki tudja elsőre vizualizálni magának.

24. SÖRÖSDOBOZ-ROPPANTÁS

Fém sörösdobozban vizet forralva, majd hideg vízbe nyomva a légnyomás összepréseli a dobozt.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Halmazállapot-változás bemutatása;
- Ugyanakkora tömegű gőz és folyadékállapotú anyag térfogatának összehasonlítása;
- A légnyomás nagyságának érzékeltetése.

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• Főzőpohár-fogó • Bunsen- vagy gázégő • Színtelen, átlátszó falú tál/vödör • Üres fém sörösdoboz	• gyufa/gázgyújtó • hideg víz

A kísérlet kivitelezése:

1. Töltsük meg kb. háromnegyed részéig hideg csapvízzel a tálat/vödröt!
2. Töltsünk kevés (néhány cm³) vizet a sörösdobozba!
3. A főzőpohár-fogóval tartsuk a dobozt a Bunsen-égő lángja fölé, és forraljuk fel a vizet! Fél-egy percre tartsuk forrásban a vizet, figyeljünk meg, ahogy a gőz távozik a doboz nyílásán!
4. Hirtelen mozdulattal, a doboz nyílását lefelé fordítva mártsuk a dobozt a hideg vízbe!
5. Figyeljünk meg, hogy a doboz teljesen összeroppant, mintha összetaposnánk.

Technikai javaslat:

Ha gyorsítani akarjuk a folyamatot, töltsünk előmelegített vizet a dobozba.

Variációk, fokozatok:

- Hogy hihető legyen, hogy valóban a légnyomás nyomta össze a dobozt és nem mi, előzetesen az összecsiszpentett dobozt a fogóval próbáljuk meg látványosan összenyomni, nem sikerül.
- Mivel pillanatszerű az összeroppanás, érdemes visszaszámlálással fókuszáltatni.
- Amikor kiemeljük a dobozt a vízből hívjuk fel a figyelmet, hogy sokkal több víz folyik ki, mint amennyit betöltöttünk. Ezt is a légnyomás okozta.
- 200 literes fémhordót is össze lehet roppantani (japán videó magyarul, 9:55-től)
<https://www.youtube.com/watch?v=Nua4f8eWzjU>

Analógia:

A melegen eltett befőttés/lekváros üveg kupakja rászorul az üvegre, nehéz nyitni.

Technikai kiegészítés:

- A hidegvizes vödröt/tálat érdemes egy kis emelvényre (stabil dobozra) tenni, hogy garantáltan jól lássa mindenki.
- Nem mindegyik aludoboz egyforma. A kisebbek (kávés, xixo üdítő) hajlamosak szétégni a melegítés hatására. Jól működik fél literes térfogatú aludobozzal, ez hatásosabban hangosabban is roppan.

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A magyarázat során felhívhatjuk a diákok figyelmét az alábbi szempontokra:
 - ugyanakkora tömegű víznek gőz állapotban sokkal nagyobb a térfogata, mint folyadékállapotban;
 - a légnyomás értéke igen nagy.
- Felvethető a kérdés: mi miért nem roppanunk össze, miért nem érezzük, ha ilyen nagy erő származik a légnyomásból? Megoldás: a vérnyomás ellentart.
- Amíg felmelegszik a víz (kb. 1 perc), érdemes megbeszélni pár dolgot. Hány fokon forr a víz? Honnan tudjuk, hogy forr? (a buborékokat nem látjuk, de halljuk a kattogást és látjuk a gőzt) A folyamatot, magyarázatot is ekkor érdemes megadni: a gőz kiszorítja a levegőt, de a hidegben lecsapódik újra egy lötytyintésnyi vízzé, ekkor keletkezik bent a vákuum közeli állapot.
- A kísérlet látványos, meglepő, hatásos, összetett fizikai tartalmú, így lehetőség szerint vegyük be a bemutatóba.

25. LÉCTÖRÉS ÚJSÁGPAPÍRRAL ÉS A TAPADÓKORONG

- A) Asztalra fektetett újságpapírlap alá falécezt fektetve és a kilógó darabra gumilabdát ejtve a lécc nem billen le a légnyomásnak köszönhetően. A lécc egy ütéssel akár el is törhető.
- B) A lágy szilikon dobozfedél tapadókorongként viselkedik.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- A légnyomás létének bemutatása, nagyságának érzékeltetése;
- A tapadókorong működése

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• vékony faléc vagy vonalzó • gumilabda/radír nagyságrendű ejthető tárgy • szilikon dobozfedél (IKEA-s)	• nagy méretű újságpapír • sima felület A4 méretben

A kísérlet kivitelezése:

A) Léctörés újságpapírral:

1. A lécezt/vonalzót tegyük az asztal szélére úgy, hogy csaknem a fele túllógjon az asztal szélén a levegőbe, lebillenési határeset környékére!
2. Fektessek az asztalra (a lécre) a széthajtott, nagy felületű újságpapírt, és simogassuk rá az asztallapra, hogy minél kevesebb levegő maradjon alatta!
3. Ejtsünk gumilabdát/radírt a lécc asztalon túllógó részére! Figyeltessek meg, hogy a lécc nem billen le, az újságpapírnak nem történik semmi baja, meg sem emelkedett. A lécc törése ütéssel már extrém variáció lesz.

B) Tapadókorong modell:

A lágy szilikon dobozfedelezt kellően sima felületre helyezve nagyon nehéz felemelni, de egy peremhez csúsztatva már levegőt kap, így emelhető.

Technikai javaslat:

- Viszonylag nagy, sima felületű asztalt használjunk.
- Az újságpapír jó, ha csak hajtott és nem tűzött vagy ragasztott gerincű.
- Előzetesen teszteljük az akár vízszintes, akár függőleges felület simaságát.

Variációk, fokozatok:

- Az erős rudat a lécre merőlegesen tartva üssünk a lécc asztalon túllógó részére! Figyeltessek meg, hogy a lécc eltörik, az újságpapírnak nem történik semmi baja, meg sem emelkedett. Ez már egy veszélyesebb variáció, gyakorlást igényel a bemutatása. Balsafa lapot viszonylag egyszerű eltörni, ha hozzájutunk.

Analógia:

- A) A tehetetlenség jelenségének bizonyítása miatt tetszőleges tehetetlenségi kísérlettel kapcsolatba hozható, ahol rövid idejű erőhatás nem tud gyorsítani (pl. hason lévő téglát ütés kalapáccsal).
- B) Tetszőleges nyomáskülönbségen alapuló tapadókorongos eszköz.

Technikai kiegészítés:

A neten sok rövid videóban látható a vonalzós kísérlet (TikTok, Insta, Facebook), érdemes szorgalmi feladatként rákeresni!

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A törőkísérlet elvégzése során nagyon körültekintően kell eljárni balesetvédelmi szempontból, nehogy az esetlegesen elrepülő vagy felcsapódó lécdarab sérülést okozzon! A diákokat állítsuk távolra és a lécdarab vonalában ne tartózkodjon senki!
- Figyeljünk, hogy az újságpapírt alaposan simítsuk rá az asztalra, lehetőleg minél kevesebb kidudorodás legyen, minél kevesebb levegő legyen az újságpapír alatt!
- Figyeljük meg, hogy az újságpapír „beszippantódik” a lécdarab alá, ha kézzel ütögetem a lécdarabot. (nem ejtek rá semmit)
- A kísérlet magyarázata során térjünk ki arra, hogy az újságpapírra ható légnyomás értéke olyan nagy volt, hogy „ellentartott” az ütéstől, így sikerül a lécdarabot eltörni.
- Lényegében a nagy tömegű léghoszlop tehetetlensége a mérvadó, így a tehetetlenséggel kapcsolatos kísérletekhez is csatolható.

26. MILYEN NAGY A LÉGNYOMÁS?

Kísérlet a magdeburgi félgömbökkel, kézi vákuumszivattyú segítségével.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- A légnyomás nagyságának bemutatása;
- A történelmi kísérlet modellezése

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet (diákok is végezhetik)

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• magdeburgi félgömbök https://www.taneszkozcentrum.hu/magdeburgi_felgombok_1360 • kézi vákuumszivattyú https://www.taneszkozcentrum.hu/kezi_vakuumszivattyu_manometerrel_1353	

A kísérlet kivitelezése:

1. Illesszük össze a félgömböket úgy, hogy légmentesen zárjanak!
2. Szivattyúzzuk ki a levegőt a félgömbök közül a kézi vákuumszivattyúval!
3. Kérjünk meg diákokat, hogy próbálják meg széthúzni a gömböket! Próbáljuk ki, hogy mekkora nyomáscsökkenés szükséges ehhez!

Technikai javaslat:

Bizonyítani akaró erős diákoknak sikerül széthúzni, vigyázzunk, hogy hová esnek!

Variációk, fokozatok: -

Analógia:

Bármelyik másik nyomáskülönbségen alapuló eszköz, kísérlet működése.

Technikai kiegészítés:

A félgömbök tömítésének zsírozása lényeges, időnként utánpótlendő.

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A kísérlet tapasztalatainak és magyarázatának megbeszélése során meséljük el a diákoknak a magdeburgi félgömbök történetét!
- A magyarázat során térjünk ki a légritkított tér és a vákuum közti különbségre!

27. A VÍZBEN IS TERJED A NYOMÁS?

A nyomás terjedésének bemutatása Pascal-féle vízbuzogánnyal.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Pascal törvényének szemléltetése.

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet (diákok csak szabad térben végezzék)

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• Pascal-féle vízbuzogány https://webshop.balazs-diak.hu/pascal-fele-vizibuzogany-fembol-12980	• csapvíz 

A kísérlet kivitelezése:

1. Szívjunk vizet a vízbuzogányba! (10-15 pumpálás, előre érdemes elvégezni)
2. A dugattyú benyomásakor figyeltessük meg, hogy a víz egyforma mértékben áramlik ki mindegyik lyukon!

Technikai javaslat:

Beltéren az elektromos eszközök és papírok lefröcskölése miatt lehet problémás.

Variációk, fokozatok: -

Analógia:

- Robbantásos halászat, habár nem sportszerű, nem engedélyezett.
- A második világháborúig a katonák éhgyomorra mentek csatába: ha teli hassal haslövést kaptak, halálosan szétrepedtek, üres hassal „csak kilyukadtak”. A repülőgép pilóták és a belőlük lett űrhajósok is emiatt vizeltek bevetés előtt.
- A strands vízipisztoly és vízpuska, járművekben a hidraulikus fék: többnyire más irányba megy a folyadék, mint amilyen irányban erővel hatunk rá
- Cartesius-búvár kísérlet

Technikai kiegészítés:

A gömb lejöhet a nyélről, esélyesen ragasztani kell.

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A magyarázat megbeszélése során mondjuk ki a diákoknak Pascal törvényét!
- Probléma felvetés: kire hat nagyobb nyomás?: Két búvár azonos vízszintes medertalajon áll, az egyik fölött magas szabad vízréteg, a másik egy alacsony belmagasságú, víz alatti barlangban van. (Megoldás: azonos a nyomás; a barlang tetején nem nulla a nyomás, különben örökmozgóként áramlana a víz)

28. VÍZTORNÁDÓ

Örvények és tornádók modellezése vízzel befőttesüvegben és PET-ben

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Örvény kialakulásának és alakjának tanulmányozás

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet, majd a diákok is elvégezhetik

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• motoros tejhabosító • befőttesüveg • nagy víztornádó (dupla PET-es)	• AAA/AA elemek a tejhabosítóba

A kísérlet kivitelezése:

A) Mini víztornádó

1. Vizet töltünk a befőttesüvegbe, kb. $\frac{3}{4}$ részig.
2. A tejhabosítót beindítjuk, és függőleges tengellyel lassan beleengedjük a vízbe.
3. Pár másodperc múlva kialakul az örvény.

B) Nagy víztornádó

1. A szájukkal összefordított és összeragasztott 2 literes PET-eket függőleges helyzetbe állítjuk, a vízzel teli van alul.
2. Hirtelen átfordítjuk a PET-eket, homokóra jelleggel, így fentről folyik víz az alsóba.
3. A felső PET felfelé néző talpát apró, gyors, körkörös mozdulatokkal megrezgetjük. Ekkor alakul ki benne az óriás örvény. Ha ismételnénk, csak meg kell fordítani a PET-eket, ismét fent lesz a vízzel teli.

Technikai javaslat:

- A tejhabosítót nagyon középre kell helyezni, mert aszimmetrikus elhelyezés esetén nem alakul ki az örvény.
- A nagy tornádót egyik kézzel meg kell fogni középen a PET-ek összeragasztásánál, a másik kéz csak körkörösén rázogat.

Variációk, fokozatok:

A két kísérlet egymás bővítése.

Analógia:

- örvények folyókban és fürdőszobai lefolyókban, valós tornádók alakja
- Így lehet a legrövidebb idő alatt kiönteni egy flakonból folyadékot. Egyébként csak lassú víz-levegő helycserék lesznek („pluttyogás”).

Technikai kiegészítés:

- A nagy tornádó az összeillesztéseknél kilazulhat, 40-50 átfordítás után lehet, hogy újra kell tekerceselni a kilazult ragasztást.
- A két PET nyakát egy pezsgőtablettás tégely tartja együtt, amit a menetekre lehet rászorítani. A rövid szakaszok miatt kell a szígszalagos erősítés.

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- Az örvény alakja egy forgási hiperboloid: az alkotója egy hiperbola, megforgatva a függőleges Y tengely körül. Ilyen közelítéssel az $y=1/x$ függvény harmadik síknegyedbeli tartománya. Még pontosabb vizsgálat alapján az $y=-1/x^2$ függvény illeszthető rá.
- Ha a nagy tornádót diák kezébe adjuk, figyelmeztessük, hogy nem szabad erősen rázni a PET-et, mert széteshet a ragasztás, és ekkor folyik a víz.
- Számolási és mérési gyakorlat érdekében megmérhetik, kiszámolhatják a diákok, hogy örvénnyel hány százalékkal rövidebb idő alatt lehet kiönteni vizet egy PET-ből, a hagyományos pluttogós kiöntéshez képest.

29. CARTESIUS-BÚVÁR

Cartesius bűvár készítése PET-palackból.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Az átlagsűrűség fogalmának ismertetése;
- Az úszás-lebegés-lesüllyedés feltételének szemléltetése
- Pascal törvényének bemutatása
- Gázok nyomása és térfogata közti összefüggés szemléltetése

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet, majd a diákok is végezhetik

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• PET palack, kupakkal (lehetőleg színtelen, sima falú) • rövid kémcső • hajlítható szívószál • 2-3 db gemkapocs • gyufafej	• csapvíz • színes szigetelőszalag, egyéb díszítés az úszóra

A kísérlet kivitelezése:

1. Előzetesen már állítsuk össze a kísérleti eszközt. Igazából csak beállítani kell, ha már egyszer megalkottuk.
 - a. Az úszó kialakítása ízlés és lehetőség szerint (leírások lejjebb)
 - b. Töltsük meg színültig a műanyag flakont csapvízzel!
 - c. Az úszó behelyezése a flakon vízbe
 - d. Csavarjuk rá a kupakot a flakonra!
2. „Merüljünk” ezután a bűvárral! A flakont oldalról nyomjuk össze kezünkkel és figyeltesük meg, hogy ennek hatására a kémcső lesüllyed!
3. Figyeltesük meg, mi történik az úszóban levő víz mennyiségével összenyomáskor!
4. Kezünk szorításának erejével szabályozhatjuk a merülés mélységét.

Technikai javaslat:

- Ha az úszót már több órája betettük, akkor érzékeny lehet a hőmérsékletváltozásra. Sokszor újra működőképes lesz, ha le- majd visszacsavarjuk a PET kupakját.
- Az úszó érzékeny a függőleges helyzetre, szállításkor és körbeadáskor is vigyázzunk!
- Ha az úszó elsüllyedt volna, egy pohár vízbe fordítsuk bele a PET száját, az úszó lassan átlebeg a pohárba és nem kell kiönteni vizet a PET-ből. Ha gemkapocs is van rajta, akkor mágnessel felhúzzhatjuk.

Variációk, fokozatok:

- Megoldások az úszóra:
 - kémcső

- hajlított szívószál gemkapocs nehezékkal
- gyufafejek (a porózusság miatt levegőt tartalmaz)
- orvosságos fiola
- toll kupakja, gemkapocs nehezékkal, celluxszal vagy bluetech-kel beragasztva a felesleges lyuk
- filctollal-papírral-szigszalaggal megdizájnolt úszók (maradjon látható a belső vízszint)
- Darvas József megoldásai úszóra:
<https://www.youtube.com/watch?v=iLVyJ048zrc>
- Érdeemes több humoros átverős felvezetést mutatni a valós magyarázat előtt. Erősebb lesz a motiváció az otthoni elkészítésre, kipróbálásra:
 - a szerkezet neve: „magneto-hidrodinamikus elektrogravitátor” [későbbi tanulság levonás: a hangzatos és tudományos szöveget mondó ember nem feltétlen okos, kételkedj, ne hagyd magad megtéveszteni]
 - „felmágnesezem az ujjamat” egy vason/mágnesen, ezért a PET mellett fel-le mozgatva az úszó is követi
 - kimutatja, hogy arany-e a gyűrű/nyaklánc/fülbevaló: a kupak „tekerésével” beállítom az érzékelést, a gyűrűs ujj fölé helyezve csak félig süllyed el, ezért félig trombitarézt a gyűrű anyaga... 😊
 - tetszőleges egyéb egybites információ eldönthető vele (fiú-lány, éhes-nem éhes, okos-káposztalé agyú stb.)

Analógia:

tengeralattjáró, halak úszóhólyagja, Titanic, felhajtóerő, átlagsűrűség

Technikai kiegészítés:

A PET legyen eléggé vékony falú, hogy ne látszódjon az összenyomáskor az erő kifejtésünk.

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A jelenség és annak magyarázata általános iskolai ismeretekkel is megérthető, érdemes a diákokkal részletesen végigbeszélni!
- Az eszköz beállítását célszerű tál vagy tálca felett végezni a kifolyó víz miatt.
- Úgy is eljárhatunk, hogy kupak helyett egy felfújott lufit teszünk a flakon nyakára, és ennek összenyomásával szabályozzuk a bűvárt.
- Megjegyzés: Cartesius nem más, mint Descartes latin(osított) neve.
- Javasoljuk otthoni elkészítésre is!
- Ha átverős poénokkal vezetjük fel, különösen érdemes hangsúlyozni, hogy ez valójában egy nyomásmérő.
- A Boyle-Mariotte törvény is benne van (nagyobb nyomás, kisebb térfogat), de ez középiskolás tananyag.

30. PUMPÁS PET-RAKÉTA

Pumpával túlnyomást hozunk létre egy PET-ben, amelyet rakétaként kilőhetünk.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- A túlnyomás szerepe
- A lendületváltozás erőhatást jelent
- A súrlódás szerepe
- A rakéta-elv bemutatása

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• PET palack kupakkal, alsó rész nélkül, nejlonharisnyával • vödörben víz (amiben kényelmesen elfér a PET)	• víz • fogpiszkálók (2-3 db)

A kísérlet kivitelezése:

1. A PET-be kb. 2 ujj rétegnyi vizet töltünk.
2. Belenyomjuk a pumpa széles dugó jellegű csatlakozóját, ezt egy ember kézbe véve tartja.
3. A másik ember elkezd pumpálni.
4. A PET egyre feszesebb lesz egyre nehezebb pumpálni, majd hirtelen kilő a PET, maga mögé fújva a vizet

Technikai javaslat:

- Ha csak levegővel végezzük, és nem túl erősen nyomjuk rá a dugót, beltérben is elvégezhető, de akkor is inkább tornaterem-aula léptékű térben.
- Ha szeretnénk többször is ismételni, akkor érdemes vödörben vizet vinni és tölcsérrel adagolni.
- A dugón hornyok vannak. Ezeknek teljesen el kell tűnniük a PET nyakában, különben nincs zárt tér, ahol nőhet a nyomás.
- Ha kevésbé nyomjuk be a dugót, kisebb túlnyomásnál is kilő a PET, így kisebb tolóerővel kevésbé megy messze.

Variációk, fokozatok:

- Először érdemes levegővel elvégezni, ekkor nem megy magasra.
- Utána vízzel végezzük, már sokkal magasabbra megy.

Analógia:

- Rakéták, tűzijátékok, lőfegyverek.
- A kísérletek között található rakétaelvekkel állítandó párhuzamba (alkoholos rakéta, lufi helikopter).

Technikai kiegészítés:

- Érdemes több gyakorlás után elvégezni, hogy érezzük, mennyire elég benyomni a dugót a PET-be.
- Aki tartja a PET-et, csak a dugót és a csövet fogja, ne a menetes PET-nyakat, mert letépheti az ujjait a hirtelen távozó műanyag.
- Lőirányból állítsunk ki mindenkit, lehetőleg a lövő páros mögé, így esélyesen csak vizesek lesznek és látják végig a repülési ívet.

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- Amikor a levegős lövés után a vizes re készülünk, tegyük hozzá hangos gondolkodással, hogy ha nehezebb lesz a víztől miért is menne magasabbra? Mégis magasabbra megy, hiszen a tömegváltozás – vagyis a lendületváltozás – nagyobb lesz, ami nagyobb erőt jelent.
- A jobb megfigyelők észreveszik több lövés után, hogy 45 fokban kilóve megy a legmesszebb.
- Több diák megkérdezi, hogy ha még több vizet teszünk bele, netán teljesen tele töltjük, magasabbra megy-e? Nyilván nem, hiszen a sokkal több tömeg valóban nehezebben gyorsítható, és főleg, ha kevesebb levegő fér a PET-be, akkor rövidebb ideig tart a gyorsítás is. A két ujjnyi betöltött víz egy tapasztalati érték.

31. KIÖMLÉS LYUKAKON

Egy PET falán különböző magasságokban lévő lyukakon át más ívben áramlik ki a víz.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- A hidrosztatikai nyomás mélységfüggésének bemutatása

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• PET palack vízzel tele, alsó részén 3 lyuk egymás alatt a paláston • edény, amibe folyhat a víz	• víz

A kísérlet kivitelezése:

1. Megtöltjük a PET-et vízzel, egyúttal három ujjunkkal befogjuk a lyukakat.
2. Az edény fölött elengedjük a lyukakat, ekkor három különböző ívben folyik ki a víz.

Technikai javaslat:

Érdemes legalább kétszer megmutatni, mert elég rövid a jelenség egy 0,5 literes palackból.

Variációk, fokozatok: -

Analógia:

A település vízellátása víztoronnyal, különösen az emeletes házak esetén.

Technikai kiegészítés:

A lyukak nem pontosan egymás alatt vannak, mert az esetleg egymásra ömlő vízsugarak összeugranak, és nem lesz meg a három külön ív.

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- Említsük meg, hogy a vízmélységgel arányos nyomás. A $h \cdot \rho \cdot g$ képlet nem biztos, hogy már megvan nekik.
- A jobb megfigyelők felteszik a kérdést, hogy milyen alakú a vízsugár, nekik megemlíthetjük a parabola fogalmát.

4. KÍSÉRLETSOR: FELÜLETI FESZÜLTSÉG

AVAGY KÍSÉRLETEK VÍZHÁRTYÁKKAL

- 32. Navigáló parafadugó**
- 33. Hány vízcsepp fér el egy ötforintoson?**
- 34. Pénz kerül a kártyára**
- 35. Harisnyás PET**
- 36. Hordozható vízcsap**

32. NAVIGÁLÓ PARAFADUGÓ

- A) Egy parafadugó-szelet a pohár széléhez mozdul el, ha a víz szintje alacsonyabb a pohár szájánál.
- B) Ha a vizet „púposra” töltjük, a parafadugó-szelet a víz felszínének közepére navigál.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- A víz felületi feszültségének és nedvesítő tulajdonságának bemutatása;
- Az úszás jelenségének bemutatása.

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet vagy rögtön diákok is végezhetik

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• üvegpohár • parafadugóból levágott szelet (parafa-korong) • főzőpohár/kancsó	• csapvíz

A kísérlet kivitelezése:

A) Kevés vízzel

1. Töltsünk csapvizet a pohárba annak kb. $\frac{3}{4}$ -ed részéig!
2. Tegyük a parafa-korongot a víz felszínére!
3. Figyeltessük meg, hogy a parafakorong úszik a víz felszínén, és mindig a pohár széléhez tapad!

B) Púposra töltött vízzel

1. Töltsünk tovább csapvizet a pohárba, egészen színültig, sőt „púposra”!
2. Figyeltessük meg, hogy a parafakorong most a pohár közepén úszik!

Technikai javaslat:

- Az edény lehetőleg legyen átlátszó, szintelen, hogy az edény anyaga kevésbé takarjon.
- Ha tanári demonstráció, akkor tipikusan körbeállós bemutatást igényel, mert helyen ülve esélytelen látni.

Variációk, fokozatok: -

Analógia:

- Ha több parafa-korongot használunk, akkor azok egymáshoz navigálnak és összetapadnak.
- Hívjuk fel a diákok figyelmét arra, hogy hasonló a magyarázata annak a jelenségnek, amit reggeli közben a tejen úszó gabonapehely-golyók összekapcsolódásakor tapasztalunk.

Technikai kiegészítés: -

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A jelenség magyarázata részben túlmutat az általános iskolai ismereteken. Beszéljük meg a diákokkal, hogy a víz nedvesíti az üveget, nagy felületi feszültsége miatt pedig a pohárból ki tud domborulni. Ezért a kétféle esetben kétféle görbületű a víz felszíne. A parafakorong pedig nem tesz mást, mint mindkét esetben a víz legmagasabb pontján helyezkedik el.
- Az összehasonlítás és az egyértelműség kedvéért mindkét jelenséget mutassuk be többször is. Ezzel megnyugtatóan kizárjuk a véletlen bolyongás lehetőségét.

33. HÁNY VÍZCSEPP FÉR EL EGY ÖTFORINTOSON?

Egy ötforintos érmére meglepően sok vízcseppet tudunk csepegtetni a víz nagy felületi feszültségének köszönhetően.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- A víz nagy felületi feszültségének bemutatása

A kísérlet formája: tanulói kísérlet

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• 5 Ft-os pénzérme • műanyag cseppentő	• csapvíz

A kísérlet kivitelezése:

1. Fektesse le az asztalra (vagy inkább tálcára) egy 5 Ft-os pénzermét!
2. Műanyag cseppentővel szívjunk fel vizet, és számoljuk, hány cseppet tudunk rácseppenteni a pénzérme felszínére anélkül, hogy a víz lefolyna róla!
3. Figyeltessük meg a víz felszínének alakját a kísérlet közben folyamatosan, de különösen a lefolyás előtti állapotban!

Technikai javaslat:

- Ha tanári demonstráció, akkor tipikusan körbeállós bemutatást igényel, mert helyen ülve esélytelen látni.
- Laboros csepegtető helyett bármilyen kiürült és újrahasznosított cseppentő alkalmas, pl. szemcsepp, orrcsepp, növény tápoldatos, illóolajos stb.

Variációk, fokozatok:

A megkezdés előtt tippeltesse a diákokkal, hogy ki tudja legjobban megközelíteni a mérési eredményt! (hány csepp fér el)

Analógia:

Minden felületi feszültséges kísérlet, jelenség.

Technikai kiegészítés: -

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- Felületi feszültség témaköre meghaladja az általános iskolai anyagot. Érdekes azonban vele jelenség szintjén foglalkozni, hiszen a víz nagy felületi feszültsége gyakorlati életben, természetben sok helyen előfordul (úszók kiemelkedése a víz alól, molnárka a tavak felszínén stb.). A diákok későbbi kémiai tanulmányaik során (vízmolekulák közti hidrogénkötés) összekapcsolhatják a víz szerkezetét és tulajdonságait.

34. PÉNZ KERÜL A KÁRTYÁRA

Egy poharat színültig töltve vízzel és egy plastikkártyát ráfektetve a kártya levegőben lógó felére több pénzérmét is helyezhetünk anélkül, hogy a kártya leborulna.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- A víz nagy felületi feszültségének bemutatása.
- A forgatónyomatékok egyensúlyának megfigyelése.

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet (diákok is végezhetik)

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• üvegpohár (viszonylag széles szájú) • plastikkártya • 5 Ft-os pénzérmék, 8-10 db • gemkapcsok (sok, egy doboznyi)	• csapvíz • mosogatószer

A kísérlet kivitelezése:

1. Állítsuk a poharat üresen az asztalra, és próbáljuk meg a száján kiegyensúlyozni a műanyag kártyát! Ha sikerül is, figyeltsük meg a diákokkal, hogy a kártya egyből elbillen, amint a levegőben levő felére pénzérmét próbálunk tenni.
2. Állítsuk az üvegpoharat egy tálcára és töltsünk bele színültig vizet! (Lehetőleg „púposra”.)
3. Fekessük rá a víz felszínére a műanyag kártyát úgy, hogy fele a levegőben legyen!
4. Tegyük most pénzérmét a kártya kilógó felére! Figyeltsük meg, hogy a kártya nem billen le, akár 4-5 vagy még több pénzérmét is rá tudunk helyezni!

Technikai javaslat:

- A kártya lehet selejtes bankkártya, vajas/joghurtos doboz műanyag tetejéből kivágott lap stb. A lényeg, hogy ne ázzon át.
- Elvégzés előtt tippeltessük meg a diákokkal a darabszámot!

Variációk, fokozatok:

- Hasonló kísérlet: *Hány db gemkapocs fér el egy púposra töltött pohár vízben anélkül, hogy kicsordulna a víz?* Szintén előre tippeltessünk, és meglepően sok lesz, pohár méretétől függően. Egy 2 dl-es pohárba kb. 25-30 kényelmesen elfér!
- Ha *mosogatószer* cseppentünk a vízbe, a felületi feszültség csökken, így a lapka lebillen a pénzérmékkel.

Analógia:

Bármelyik felületi feszültséges kísérlet, jelenség.

Technikai kiegészítés: -

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- Az 5 forintosnál a magyarázat szintén a víz nagy felületi feszültsége. A vízfelszín átszakításához erőt kell kifejteni, ennek nagysága több pénzérme súlyával egyezik meg!
- A pohárba pakolt gemkapcsoknál a felszín átszakítását a többlet víz végzi el, mert nem nyújtható a végtelenségig a hártya.
- Az 5 forintos kísérletnél a forgatónyomatékok egyensúlyára is fel lehet hívni a figyelmet.

35. HARISNYÁS PET

Alul levágott PET palack aljára nejlonharisnyát húzunk. Ha víz van a PET-ben és a kupakját elzárjuk, nem folyik ki belőle a víz.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- A felületi feszültség szerepének bemutatása
- A légnyomás szerepének bemutatása

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• PET palack kupakkal, alsó rész nélkül, nejlonharisnyával • vödörben víz (amiben kényelmesen elfér a PET)	• víz • fogpiszkálók (2-3 db)

A kísérlet kivitelezése:

3. Megtöltjük a PET-et vízzel: lecsavart kupakkal egy vödör vízbe állítjuk, ekkor alulról megtelik a palack.
4. Rácsavarjuk a kupakot, majd kiemeljük a PET-et.
5. Ekkor nem folyik ki a víz, pedig a harisnyán sokszáz lyuk van.
6. Alulról akár fogpiszkálót is be tudunk szúrni a harisnyán át.
7. csak akkor folyik ki víz, ha meglazítjuk a PET kupakját.

Technikai javaslat: -

Variációk, fokozatok: -

Analógia:

A hordozható vízcsap kísérlethez hasonló.

Technikai kiegészítés:

A fogpiszkáló hengeres legyen és minél simább, hogy ne szakítsa ki a harisnyát.

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A felületi feszültség és a légnyomás-hidrosztatikai nyomás egyensúlya egyszerre nem engedi kifolyni a vizet.
- A jobb megfigyelők észreveszik, hogy a harisnya félgömbösen homorú.

36. HORDOZHATÓ VÍZCSAP

Kupakkal zárt, vízzel teli PET alján lévő lyukból nem folyik ki a víz, csak ha megnyitjuk a kupakot.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- A felületi feszültség szerepének bemutatása
- A légnyomás szerepének bemutatása

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• PET palack kupakkal, alján egy 2 mm-es lyukkal • vödörben víz (amiben kényelmesen elfér a PET a feltöltéskor)	• víz

A kísérlet kivitelezése:

8. Megtöltjük a PET-et vízzel: lecsavart kupakkal egy vödör vízbe állítjuk, ekkor alulról megtelik a palack.
9. Rácsavarjuk a kupakot, majd kiemeljük a PET-et.
10. Ekkor nem folyik ki a víz, pedig lyukas a PET.
11. Ha megnyitjuk a kupakot, elkezd folyni a víz az alsó lyukon. Ha eltekerjük a kupakot, leáll az áramlás.

Technikai javaslat: -

Variációk, fokozatok: -

Analógia:

A harisnyás PET kísérlethez hasonló.

Technikai kiegészítés:

A fogpiszkáló hengeres legyen és minél simább, hogy ne szakítsa ki a harisnyát.

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A felületi feszültség és a légnyomás-hidrosztatikai nyomás egyensúlya egyszerre nem engedi kifolyni a vizet.
- Ha enyhén megnyomjuk a PET-et, akkor a vízhártya átszakad és kifolyik egy kis víz. Egyidejűleg levegőbuborékok is mennek be a vízbe, a nyomáskiegyenlítés miatt.

5. KÍSÉRLETSOR: HŐTAN

AVAGY KÍSÉRLETEK HIDEGGEL, MELEGSEL, ÉGÉSSEL

- 37. Forró de mégsem**
- 38. Alkoholrakéta**
- 39. Hidegen is forr(ó)**
- 40. Hőtágulás-műszerek – emeltyűs pirométer**
- 41. Táncoló kupak**
- 42. -Hőlégballon**
- 43. Meglepő hőtágulás**

37. FORRÓ DE MÉGSEM

- A) Vízzel teli lufit lánggal melegítve a lufi nem durran ki.
B) Rézcsőre tekert papírlap nem gyullad meg láng hatására sem.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- A melegítés során közölt hő hatásának bemutatása
A víz nagy fajhője és a fémek jó hővezető képessége

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• lufi, 2 db • gázgyújtó • rézcső • üvegpohár	• csapvíz • papírlap • gyufa, meggyújtva

A kísérlet kivitelezése:

A) Vízzel teli lufi lángba tartása

1. Fújjunk fel egy lufit levegővel, majd alulról gyújtjuk meg gázgyújtóval! Figyeltsük meg, hogy a lufi természetesen kidurran, hiszen a lufi gumija nem bírja ezt a magas hőmérsékletet.
2. Töltsünk meg ezután egy lufit vízzel! Tartsunk ez alá is égő gázgyújtót! Figyeltsük meg, hogy a lufi nem durran ki, a víz nem folyik ki!

B) Rézcsőre tekert papírlap lángba tartása

1. Fogjunk meg egy papírlapot csipesszel és gyújtjuk meg a levegőben! Figyeltsük meg, hogy a papír természetesen meggyullad, elég!
2. Simítsunk rá ezután egy ugyanolyan papírlapot a rézcsőre! Tartsunk hozzá égő gázgyújtót! Figyeltsük meg, hogy a papír bekormozódik, de nem gyullad meg!

Technikai javaslat:

Minél vékonyabb lufit használunk, annál biztosabb a jelenség, hiszen ekkor tud gyorsan átadni a láng hőt a víznek.

Variációk, fokozatok:

- Először egy levegős lufit tegyünk lángba, az pillanatok alatt kidurran. Utána jöhet a vizes lufi. A diákok nagyobbban érzik a rizikót.
- Ha elég bátrak vagyunk, kellő gyakorlás után akár egy diák feje felett is melegíthetjük a vizes lufit (de az esetlegesen mégis bekövetkező elázásból adódó kellemetlenségért a szerző és az Alapítvány nem vállalja a felelősséget!).
- Égő gyufaszál még ép részét szorítjuk egy üvegpohár pereméhez. Az égés megszűnik, ha a láng eléri az üveget, nem ég végig a gyufaszál.

Analógia:

A víz nagy fajhőjének megjelenése: az óceánok hűtőfűtő hatása (pl. Brit szigetek)

Technikai kiegészítés:

A papírt ne az átlapolási élénél tartsuk lángba, mert könnyen meggyullad.

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A magyarázat során térjünk ki arra, hogy a víz és a rézcső a melegítés során sok hőt vesz fel (a réz mint fém el is vezeti azt), így a vizes lufi és a rézzel érintkező papírlap nem tud felmelegedni annyira, hogy elérje a lágyulási vagy gyulladási hőmérsékletet.
- Hasonló a magyarázata annak a (jól ismert) kísérletnek, amikor 50%-os alkohol-víz elegybe mártott zsebkendőt gyújtunk meg. Az alkohol elég, de a zsebkendőnek nem történik baja.
- A víz nagy fajhőjének egyszerű magyarázata: sok energiát tud felvenni, miközben csak kicsit nő a hőmérséklete.

38. ALKOHOLRAKÉTA

A kupakján lyukasztott üdítősfalikonba denaturált szeszt öntve és azt elpárologtatva, majd a lyukhoz égő gyufát tartva a flakon rakétaként elszáll.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Az alkohol éghető (oxidálható) tulajdonságának bemutatása;
- Annak bemutatása, hogy az égésterméként keletkező forró gáz komoly mechanikai hatást tud gyakorolni (robbanóanyagok működése);
- Rakéták működési elvének bemutatása (Newton III. tv-e)

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet, segítővel

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• kifűrt kupakú PET flakon (0,5 l) • kötélpálya (6-8 m) a PET-re erősített csövön átfűzve • gyújtópálca/gyufa/öngyújtó	• denaturált szesz (96 %-os metilalkohol)

A kísérlet kivitelezése:

1. Előzőleg egy 0,5 literes, üdítősfalikon kupakjára felhevített szöggel lyukat szúrtunk (max. 5 mm átmérő).
2. Öntsünk kb. 1-2 cm³ 96%-os denaturált szeszt a flakonba óvatosan, utána csavarjuk rá a kupakot!
3. A flakon rázogatóásával minél jobban oszlassuk el az alkoholt a flakonban, és minél jobban párologtassuk el (akár kezünk melegét is használva)!
4. A madzagot feszítsük ki vízszintesen, egy másik ember segítségével. A madzag átmegy egy kis csövön, amelyet a PET-hez rögzítettünk henger alkotó irányban szigetelőszalaggal. Ez lesz a kötélpálya.
5. Hosszú szárú égő gyufával/gyújtópálcával/öngyújtóval közelítsünk a lyukhoz! A flakon nagy sístergés kíséretében végigszágul a kötélpályán.

Technikai javaslat:

- Ha lehet, sötétítsünk be egy kicsit, mert ekkor látszik a PET-ben és mögötte a kialakuló lángcsóva.
- A kötélpálya vezető csöve lehet akár egy vastag műanyag szívószál is, vagy bármilyen merev, műanyag cső, amely átmérője nem nagyobb 1-1,5 cm-nél, és hossza 10-15 cm.
- A köté minél simább legyen, és kellően puha, hogy szállításkor könnyen rá tudjuk tekerni a PET-re. (műanyag/műszálas ruhaszáritó köté)
- A becsapódási oldalon álló ember nagyobb biztonsága érdekében egy botra/vállfára lehet kötni a madzagvéget, hogy a kinyújtott kézre merőlegesen érkezzen a PET.

Variációk, fokozatok:

- Vannak, akik kötélpálya nélkül, szabad repüléssel akár vízszintesen, akár függőlegesen indítják a rakétát. Az ütközések miatt kiszámíthatatlan a PET mozgása, embert és tárgyakat is veszélyeztet. Nem javasoljuk a kontroll nélküli mozgás létrehozását.
- Ne végezzük el 0,5 literesnél nagyobb palackkal, mert túl nagy hő fejlődik, és nagy a tolóerő.

Analógia:

Rakéták működési elve (Newton III, lendületmegmaradás)

Technikai kiegészítés:

- A kísérlet érzékeny a levegő hőmérsékletére, páratartalmára. Ha meleg párás a levegő, könnyen lehet, hogy gyenge lesz a jelenség. Ha a flakon előzőleg hidegben volt, az alkohol nem tud elpárologni benne, így a kísérlet nem fog sikerülni! Hideg időben érdemes használat előtt radiátoron melegíteni.
- Közvetlenül a kísérlet után az ismételtes nem lehetséges, a flakonnak le kell hűlnie és a vízgőznek távoznia kell belőle. Ismételteshez új, száraz flakon szükséges.
- Az etilalkohol is alkalmas hajtóanyag, de az viszonylag drága, és pl. gyógyszerárban már nem adják ki. A denaturált szeszt festékboltokban könnyen be lehet szerezni 1-1,5-2 literes változatokban.

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- Az előadó legyen az indítási oldal, a „becsapódási oldalra” kérjünk egy segítőt. Ha kellően hosszú a kötélpálya (5-8 m), jó eséllyel nem megy el hozzá a PET.
- Gyors lesz a folyamat, ezért a figyelem fókuszálására közösen számoljunk vissza.
- Az alkoholnál hívjuk fel a figyelmet: a denaturált szesz metilalkohol, így felnőttek is életveszélyes a megkóstolása is. Minden osztályban van pár diák, aki meginná...
- Hívjuk fel a figyelmet, hogy a több beöntött alkoholtól nem lesz erősebb a működés. A kellően jó alkohol-oxigén arány a lényeg, amit párologtatással tudunk előállítani.
- A túl sok beöntött alkohol az indításkor kiporlasztódik a terem levegőjébe, ami veszélyes, főleg az indító előadóra nézve.
- Néhány diák fel szokta vetni, hogy miért kell a lyukasztott kupak, amikor ott a PET szája. Áramlástan magyarázat: szűkebb keresztmetszeten nagyobb sebességű a kiáramlás.

39. HIDEGEN IS FORR(Ó)

A) Kémcsőben melegített vizet bedugózva és lehűtve 100 °C-nál alacsonyabb hőmérsékleten is forrásba jön a víz.

B) Fecskendőbe kevés vizet szívva, nyílását befogva és a dugattyút meghúzva a szobahőmérsékletű víz forrásba jön.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- A forráspont nyomás általi befolyásolásának bemutatása.

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• kémcső • főzőpohár • gumidugó • kémcsőfogó csipesz • Bunsen-égő • gázgyújtó • injekciós fecskendő, 100 ml-es	• csapvíz • horzsakő (esetleg)

A kísérlet kivitelezése:

A) Kémcsőben a langyos víz forrásba jön

1. Töltsünk kb. 3 cm magasan vizet a kémcsőbe, majd kémcsőfogóval lángba tartva melegítsük forrásig!
2. Kb. 2-3 perc intenzív forralás után vegyük ki a lángból, és a forrás abbamaradása után azonnal dugaszoljuk be a kémcsövet a dugóval!
3. Fordítsuk meg a kémcsövet és a légtérét hűtsük hideg vizes ronggyal! Figyeltessük meg, hogy néhány másodperc múlva újra buborékok szállnak fel, azaz a víz forr, pedig már jóval 100 °C alá hűlt!

B) Injekciós fecskendőben forr a víz

Ha injekciós fecskendőbe kevés vizet szívunk, majd nyílását kézzel befogva hirtelen meghúzzuk a dugattyút, hasonló jelenséget tapasztalunk: a szobahőmérsékletű víz forrásba jön!

Technikai javaslat: -

Variációk, fokozatok:

Ha a dugót kirántjuk a kísérlet végén, nagyot pukkan. Ez jelzi a megváltozott nyomást.

Analógia:

Magas hegyeken (pl. Himalája) akár 75-80 celsius fokon is forrhat a víz.

Magasabb nyomáson magasabb a forráspont: kuktafazék, nyomottvizes reaktor

Technikai kiegészítés:

- A kísérlet bemutatása után a még meleg kémcsövet tegyük pl. egy főzőpohárba!
- A kémcsöves kísérlet sikere azon múlik, hogy sikerül-e vízgőzzel telíteni a kémcső légterét. Ezért valóban szükséges, hogy a forrás megindulása után pár percig forraljuk még a vizet.
- A dugó benyomásával azért kell megvárni a forrás abbamaradását, hogy ne lőjön ki. De utána egyből be kell nyomni, nehogy levegő jusson a kémcsőbe. Vigyázzunk, hogy a forró kémcsővel nehogy megégetessük a kezünk!

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- Nyugodtan engedjük meg a diákoknak, hogy kézzel megérintsék lehűlés után a kémcsövet, hogy érezzék, valóban a langyos víz forr. A fecskendőben szobahőmérsékletű marad. A legtöbb diák nehezen tudja elhinni, hogy hűvös maradt a víz, inkább azt gondolják, hogy hirtelen meleg lett, azért forr. Ezt a tévképzetet kell eloszlatni!
- Szükséges megemlíteni, hogy a fecskendős kísérlet magyarázatát viták övezik: feltehetően az oldott gázok lecsökkent oldhatóságának is köze van a buborékképződéshez.

40. HŐTÁGULÁS-MŰSZEREK – EMELTYŰS PIROMÉTER

„Emeltyűs pirométer” segítségével összehasonlíthatjuk különböző fémek hőtágulását.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- A hőtágulás jelenségének bemutatása;
- A lineáris hőtágulási együttható anyagfüggésének bemutatása.

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• hőtágulás-eszköz („emeltyűs pirométer”) https://webshop.balazs-diak.hu/femek-linearis-hotagulasi-11330 • gázgyújtó	 • denaturált szesz

A kísérlet kivitelezése:

1. Állítsuk össze az eszközt: fogjuk be a helyükre a fémrudakat, állítsuk a mutatókat nullára és ellenőrizzük, hogy a mutatók szabadon, könnyedén mozognak-e!
2. A csavarok mozgatásával mutassuk meg a diákoknak, hogy a mutatók akkor mozognak el, ha a fémrudak végpontja elmozdul eredeti helyéről!
3. Töltsünk néhány cm³-nyi denaturált szeszt az eszköz tálcájába és gyújtsuk meg!
4. Figyeltsük meg, hogy a mutatók elmozdulnak, a kétféle fémrúd esetén eltérő mértékben!

Technikai javaslat:

A pirométert érdemes egy kisebb, nem gyúlékony emelvényre helyezni.

Variációk, fokozatok:

Idő hiányban elég két fémrúd tágulását bemutatni.

Analógia:

Szilárd anyagok hőtágulásánál bármilyen jelenség.

Technikai kiegészítés:

- Figyelem, balesetveszély!!! A meggyújtás után szigorúan tilos további szeszt önteni a lángra vagy a még forró tálra! Az alkohol azonnal elpárolog és gőzei meggyulladnak, súlyos sérüléseket okozva! Érdemes előre kipróbálni!
- Az eszköz kissé labilis, precíz összeszerelést igényel!

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- Hívjuk fel a diákok figyelmét, hogy a kísérlet mérésre nem alkalmas, csak a hőtágulási együttható anyagfüggésének érzékeltetésére és összehasonlításokra.

41. TÁNCOLÓ KUPAK

Palackban lévő levegőt kezünkkel melegítve a gáz kitágul, amit a palack szájára helyezett műanyag kupak emelkedése jelez.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Gázok hőtágulásának bemutatása

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet, majd a diákok is végezhetik

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• üvegpalack • könnyű műanyag kupak • lufi	• csapvíz • forralt víz

A kísérlet kivitelezése:

1. Állítsuk az üvegpalackot az asztalra (minél kevésbé fogdossuk össze a kezünkkel)!
2. Nedvesítsük meg az üveg száját és tegyük rá a kupakot fejjel lefelé úgy, hogy légmentesen zárjon!
3. Két kezünk tenyerével fogjuk át a palackot és melegítsük!
4. Figyeltessük meg, hogy a kupak egyszer csak elkezd „táncát”: egyik oldala kissé felemelkedik majd visszaesik a helyére. A jelenség ismétlődik.

Technikai javaslat:

- A kis mozgásokat nehezen látni, feltétlen közelebb kell hívni a diákokat!
- A palack legyen minél vékonyabb falú, hogy a hővezetés időtartama rövid legyen.

Variációk, fokozatok:

- PET-ben könnyebben melegíthető a levegő. De az üvegen hallhatóbb a koccanás.
- Ha lufit húzunk a palack szájára és forróvizet öntünk a palackra a gáz tágulása miatt a lufi látványosan felfújódik. Ez távolabbról jól látható, viccesebb is.

Analógia:

Bármely más hőtágulósos jelenség.

Technikai kiegészítés: -

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- Látványosabb a hatás, ha hűtött palackkal vagy hajszárítóval végezzük el.
- Igyekezzünk minél könnyebb kupakot választani, annál könnyebben tudja megemelni a kitáguló, kiáramló levegő.
- Ha a vízzel való megnedvesítéssel nem sikerül légmentes lezárást létrehozni a kupak és az üveg szája közt, használjunk híg szappanos/mosószeres oldatot!
- Hívjuk fel a figyelmet: a szilárd anyagok és gázok térfogati hőtágulás jelentősen különbözik!

42.-HŐLÉGBALLON

Hőlégballon készítése nejlon szemeteszsákból.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- A magasabb hőmérsékletű gáz kisebb sűrűségű, felhajtóerő hat rá, emelkedik.

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• kemping gázégő • nejlon szemetes zsák (szalagfüles, 20 literes körüli)	• gyufa

A kísérlet kivitelezése:

- Meggyújtjuk a gázégőt, függőleges láng szükségé.
- A zsákot szájával lefélé tartva, két kézzel a láng fölé helyezzük. Amikor láthatóan megdagadt a zsák a meleg levegőtől, elengedjük, hogy emelkedve repülhessen.

Technikai javaslat:

- Akár 6-7 m magasra is emelkedik, nézzük meg, hogy legyen helye.
- Kellően hűvös környezetben tud emelkedni, így figyelni kell a terem hőmérsékletére, előzetesen szellőztessünk.
- Vigyázni kell, hogy feltöltéskor a zsák ne érjen a lángba.
- Vigyázni kell, hogy az esetleg túl forró levegő ne tudja megolvasztani a zsákot.
- Amint elkezdi emelkedni a zsák, zárjuk el a gázlángot!

Variációk, fokozatok: -

Analógia:

- A hőlégballon működése (magával viszi a hőforrást, korán reggel vagy késő délután repülhetnek, amikor hűvösebb a levegő)
- A szél kialakulása: eltérő hőmérsékletű légtömegek helyet cserélnek.

Technikai kiegészítés:

- A zsák szájába nem kell gitárhúros merevítés és nehezék sem, de feltétlen szalagfüles zsák legyen, ez már elegendő súly. Egy táskafüles vagy fül nélküli nejlonzsák emelkedéskor a talpára fordul, és kimegy belőle a meleg levegő.
- A zsák fala, ha túl vékony, könnyen olvad, ha túl vastag: nehezen emelkedik.
- A zsák könnyen fennakadhat tanterem díszítésen, egyéb tárgyon (gerenda, projektor, kosár palánk stb.)

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

Ha visszatért a zsák, hirtelen fogjuk össze a száját, és néhány diák belenyúlhat: tele van meleg levegővel.

43. MEGLEPŐ HŐTÁGULÁS

A klasszikus „golyó+karika” kísérlet. Ha a golyót és a karikát együtt melegítjük, a golyó ismét átfér a karikán. Az üreges anyagok is kifelé tágnak.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Tömör és üreges anyagok, lemezek hőtagulásának bemutatása

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• golyó+karika eszköz https://webshop.balazs-diak.hu/s-gravesande-gyuruje-2-11336 • Bunsen-égő • gázgyújtó	

A kísérlet kivitelezése:

1. Mutassuk meg a diákoknak, hogy a golyó és a karika ugyanolyan anyagból készült, és a golyó éppen átfér a karikán!
2. Melegítsük meg a golyót és próbáljuk meg átengedni a karikán! Figyeltessük meg, hogy nem fér át! Beszéljük meg a diákokkal, hogy hőtagulás során a részecskék egymástól távolabbra kerülnek.
3. Melegítsük ezután a golyót és a karikát egyszerre a lángban! Figyeltessük meg, hogy a golyó ismét átfér a karikán!

Technikai javaslat: -

Variációk, fokozatok:

- A golyó karikán való átengedése előtt kérjük meg a diákokat, tippeljék meg, szerintük mi fog történni! Indokolják meg választásukat!

Analógia:

Bármilyen hőtagulási kísérlet, jelenség.

Technikai kiegészítés:

- Vigyázzunk, hogy a felhevített karikát és golyót hőálló felületre helyezzük a kísérlet bemutatása után!

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A második kísérlet után beszéljük meg velük, hogy a lyukas anyagok és lemezek is kifelé tágnak (mintha ki lennének töltve anyaggal), hiszen a részecskék így kerülnek egymástól távolabb.

6. KÍSÉRLETSOR: ELEKTROMOSSÁG

AVAGY KÍSÉRLETEK TÖLTÉSEKKEL, ÁRAMFORRÁSOKKAL

- 44. Elektromos vonzás és taszítás**
- 45. Vízszugár elhajlítása**
- 46. Elektroszkópok**
- 47. Faraday-kalitka**
- 48. Guruló alupalack**
- 49. Lufi a falon**
- 50. Elektrolízis elemmel**

44. ELEKTROMOS VONZÁS ÉS TASZÍTÁS

Tűre helyezett műanyag rudakkal elektrosztatikus vonzás és taszítás bemutatása a kétféle töltés létezésének bizonyítására.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Töltések közt ható erő bemutatása;
- Elektrosztatikus vonzás és taszítás bemutatása;
- Kétféle elektromos töltés létezésének bemutatása.

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• plexi rúd készlet https://www.taneszkozcentrum.hu/plexi_rud_keszlet_1312 • polietilén rúd készlet https://www.taneszkozcentrum.hu/polietilen_rud_keszlet_1311	

A kísérlet kivitelezése:

1. Dörzsöljük meg a kendővel az egyik plexi rúd egyik felét és helyezzük a tűre!
2. Dörzsöljük meg a másik plexi rudat is és közelítsük a tűre helyezett társához! Figyeltessük meg, hogy taszítást tapasztalunk!
3. Közelítsük most a dörzsöléshez használt kendőt a tűre helyezett rúdhoz. Figyeltessük meg, hogy vonzzák egymást!

Technikai javaslat: -

Variációk, fokozatok:

- Kipróbálhatjuk különböző anyagból készült rudakkal, hogy melyik milyen töltésűvé válik.

Analógia: -

Technikai kiegészítés: -

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- Hívjuk fel a diákok figyelmét: dörzsselektromos jelenségeknél nem keletkeznek a töltések, csak a szétválásukat tudjuk elérni. Nem lehet előre megmondani, hogy melyik test milyen töltésű lesz, a kétféle összedörzsölt anyagtól függ.
- Az elektromos töltések közti vonzás és taszítás bizonyítéka a kétféle elektromos töltésnek.

45. VÍZSUGÁR ELHAJLÍTÁSA

Vékony sugárban folyó vízszugár eltérítése megdörzsölt műanyag rúddal.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Egy érdekes elektrosztatikai jelenség bemutatása;
- a vízmolekulák poláris mivoltának szemléltetése;
- fizika és kémia összekapcsolása.

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet (diákok is végezhetik)

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• műanyag cső (PVC) vagy vonalzó • mikroszálas törlőkendő • vízcsap vagy lyukas PET	• csapvíz

A kísérlet kivitelezése:

1. Vízcsapból kifolyó víz sugarát állítsuk olyan vékonyra, amennyire csak lehet!
2. Közelítsünk a vízszugárhoz megdörzsölt műanyag rúddal vagy vonalzóval!
Figyeltessük meg, hogy a vízszugár elhajlik a rúd felé!

Technikai javaslat: -

Variációk, fokozatok:

- Vízcsap hiányában is bemutatható a kísérlet pl. egy tálca felett a desztillált vizes flakonból spriccelő vízszugárral vagy egy alul forró hústűvel kilyukasztott PET-palackból folyó vízszugárral. Ekkor a kifolyó víz felfogására használjunk tálat, tálcát, vödröt!

Analógia: -

Technikai kiegészítés: -

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A kísérlet megbeszélése során alkalmazzuk az előző kísérletben szerzett tapasztalatokat és idézzük fel a diákok ismereteit arról, amit kémiaórán a víz polaritásáról tanultak!

46. ELEKTROSKÓPOK

Az elektromos töltések és töltöttség kimutatása elektroszkópokkal.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Elektroszkóp működésének bemutatása;
- Elektromos megosztás jelenségének bemutatása;
- Kísérleti bizonyíték a kétféle elektromos töltés létezésére;
- A pozitív és negatív töltés elnevezés indoklása.

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet (diákok is végezhetik)

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• demonstrációs elektroszkóp-pár https://webshop.balazs-diak.hu/demonstracios-elektroszkop-par-11355 • polietilén rúd készlet • üvegrúd • grafitceruza támasszal (faragó) • 10x2 cm-es papírlap • papír zsebkendő fecnik	

A kísérlet kivitelezése:

1. Dörzsöljük meg a polietilén rudat és közelítsük az egyik elektroszkóphoz! Figyeltessük meg, hogy az elektroszkóp mutatója kitér, bár nem értünk hozzá! Beszéljük meg a diákokkal az elektromos megosztás jelenségét!
2. Megdörzsölt polietilén rúddal érnünk hozzá az elektroszkóphoz, és „kenjük rá” a töltéseket!
3. Végezzük el ugyanezt ezután üvegrúddal! Figyeltessük meg, hogy az elektroszkóp mutatóján kitérése előbb csökkenni kezd, majd újból egyre nagyobb! Ha most megdörzsölt polietilén rúddal folytatjuk, ugyanezt tapasztaljuk. Beszéljük meg a diákokkal, hogy mit jelent, hogy az ellentétes töltések kioltják egymást!
4. Az asztalra szórt 8-10 db papírzsebkendő fecnit táncoltatja, vonzza a feltöltött rúd.

Technikai javaslat:

A kísérletek többsége körbeállósan nézegetős a kisebb méretek miatt.

Variációk, fokozatok:

Darvas József fejlesztése házi elektroszkópra: Ceruza a hegyével felfelé megállítva pl. egy ceruzahegyezőben. A hegyre ráhajtjuk félbe, lelógó „fülként” a papírcsíkot. Ehhez közelítjük a feltöltött műanyag rudat, a papírlapok megmozdulnak felfelé.

Analógia: -

Technikai kiegészítés: -

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- Az elektrosztatikai kísérletek csak száraz időben működnek. Ha azt tapasztaljuk, hogy ez elektroszkóp nem tartja meg töltését, szellőztessük ki a termet vagy halasszuk el a kísérletet következő alkalomra!
- Beszéljük meg a diákokkal, hogy ez a kísérlet is bizonyítja a kétféle elektromos töltés létezését, sőt magyarázatot ad a „pozitív” és „negatív” elnevezésekre.

47. FARADAY-KALITKA

Faraday-kalitka működési elvének bemutatása.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Az árnyékolás jelenségének bemutatása.

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet (diákok is végezhetik)

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• Faraday-kalitka https://www.taneszkozcentrum.hu/faraday_kalitka_1329 • polietilén-rúd készlet	• papírfecnik 

A kísérlet kivitelezése:

1. Szórjunk papírfecniket az asztalra és mutassuk meg a diákoknak, hogy a megdörzsölt műanyag rúd vonzza ezeket!
2. Tegyük a papírfecnikre a Faraday-kalitkát! Mutassuk meg a diákoknak, hogy a megdörzsölt műanyag rúddal most nem lépnek kölcsönhatásba a fecnik!

Technikai javaslat: -

Variációk, fokozatok: -

Analógia:

Elektromágneses szigetelés (pl. mikrosütő belseje); el.mágn. hullámok tükrözése: parabola antenna, radar; számítógép winchester szigetelés; koaxiális kábel

Technikai kiegészítés: -

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- Bár az árnyékolás nem általános iskolai tananyag, az elektrosztatikai kísérletekhez kapcsolódóan érdemes bemutatni a diákoknak. Hétköznapi vonatkozásként érdemes megemlíteni a „nincs térerő” kifejezés fizikai hátterét.
- Érdekességgént elmesélhetjük az eszköz elnevezésének eredetét: Faraday találta fel és igazának bizonyításaként bent olvasgatott egy fémketrec belsejében, miközben körülötte csattogtak a szikrák...

48. GURULÓ ALUPALACK

Egy sörös alupalack elektrosztatikus elvű gurítása

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Az elektromos megosztás létrehozása, hatása
- Az elektromos vonzóerő bemutatása
- A súrlódás szerepe a gördülésben

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet, majd diákok is végezhetik

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• üres alupalack (sörös) • polietilén rúd • dörzsölő szörme • sík, sima asztallap felület	

A kísérlet kivitelezése:

1. Dörzsöljük meg a polietilén rudat és közelítsük az asztalon a palástján fekvő alupalackhoz!
5. A palack megindul gyorsulva a rúd felé. Mozgassuk a rudat, hogy ne érhesse el a palack.

Technikai javaslat:

- Egy kis gyakorlás szükséges ahhoz, hogy mindig a palacktól pár cm-re legyen a rúd, de gyorsulva mozogjunk.
- Kb. 1 m távot kényelmesen tudunk gurítani, legyen elég hely!

Variációk, fokozatok: -

Analógia:

Az elektroszkóp működése.

Technikai kiegészítés:

- Ha túl párás a levegő, nagyon közelre kell tartani a rudat (pár mm), esetleg el sem indul a palack.
- A palack nyitófülét törjük le, mert ha nem elég szimmetrikus a tömegeloszlás, akkor nehezebben indul el a palack.

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- Az elektrosztatikai kísérletek csak száraz időben működnek. Ha nem működne a jelenség, szellőztessük ki a termet vagy halasszuk el a kísérletet következő alkalomra!

49. LUFÍ A FALON

Lufi elektrosztatikus tapadása a falon

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Az elektromos megosztás létrehozása, hatása
- Az elektromos vonzóerő bemutatása

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet, majd diákok is végezhetik

<i>Szükséges eszközök:</i>	<i>Szükséges anyagok:</i>
• felfújó lufi • diszperzittel festett téglafal • műszőrme rongy	

A kísérlet kivitelezése:

1. Dörzsöljük meg a lufit műszőrmével, vagy műszálas ruhához, hajhoz
2. Ha határozottan a falhoz érintjük, nem fog leesni.

Technikai javaslat:

- Előzetesen ki kell próbálni az adott terem falával.
- A lufi elcsomózott felfújós része már alaphoz is lefelé nézzen. Ekkor nem keletkezik felesleges forgatónyomaték a felrakott lufinál.

Variációk, fokozatok: -

Fiók nélküli asztal aljához is oda tud tapadni.

Analógia:

Elektrosztatikus vonzási jelenségek.

Technikai kiegészítés:

- Ha túl párás a levegő, lehet, hogy nem működik

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- Az elektrosztatikai kísérletek csak száraz időben működnek. Ha nem működne a jelenség, szellőztessük ki a termet vagy halasszuk el a kísérletet következő alkalomra!

50. ELEKTROLÍZIS ELEMMEEL

Elektrolízis (vízbontás) műanyag pohárban elem segítségével.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Az elektromos áram kémiai hatásának (azaz az elektrolízisnek) bemutatása.

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet, majd diákok is végezhetik

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• átlátszó, szintelen műanyag pohár, aljába szúrva 2 db rajzszege • 9 V-os elem	• nátrium-szulfát (Na_2SO_4) • csapvíz

A kísérlet kivitelezése:

1. Szórjunk kevés (kanálhegynyi) nátrium-szulfátot a műanyag pohárba, oldjuk fel kevés csapvízzel, majd töltsük majdnem tele a poharat vízzel!
2. Érintsük az elem pólusait a pohár alján levő rajzszegekhez!
3. Figyeltessük meg, hogy mindkét elektródon (rajzszegeken) szintelen, szagtalan gáz fejlődik, de a negatív póluson intenzívebben (azonos idő alatt több gáz keletkezik)!

Technikai javaslat:

A jelenség tiszt csapvízzel is működik, nem kell feltétlen Na-szulfát bele. Viszont ekkor mindenképpen kézbe kell adni, körbe, mert gyengén látható a jelenség.

Variációk, fokozatok: -

Analógia: -

Technikai kiegészítés:

- Nátrium-szulfát-oldat helyett minden olyan anyag vizes oldata megfelelő, amelynek elektrolízise során vízbontás történik (pl. kálium-nitrát, szódabikarbóna). Savakat nem célszerű használni, mert azok a rajzszeeggel reakcióba lépnek. Nátrium-klorid használata esetén nemcsak a vizet bontjuk, hanem klórgáz is keletkezik. Nyilván csak nagyon kis mennyiségben, de ezt célszerű elkerülni.

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A kísérletben a víz elektrolízise történik, azaz elektromos árammal hidrogénre (negatív pólus) és oxigénre (pozitív pólus) bontjuk.
- A nátrium-szulfát nem vesz részt a reakcióban, szerepe annyi, hogy növelje a víz elektromos vezetőképességét.

7. KÍSÉRLETSOR: MÁGNESSÉG

AVAGY KÍSÉRLETEK MÁGNESEKKEL, MÁGNEEZHETŐ ANYAGOKKAL

- 51. Mágneses vonzás és taszítás**
- 52. Mágneses lebegtetés**
- 53. Rúdmágnes terének szemléltetése**
- 54. Mágneses gyufafejek**

51. MÁGNESES VONZÁS ÉS TASZÍTÁS

Kísérletek állandó mágnesekkel: mágnesrúdpárral, neodímium mágnesekkel, acélgolyókkal, gombostűkkel, iránytűkkel, 100 Ft-os pénzérmékkel.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- A mágnesek alapvető tulajdonságainak bemutatása.

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet (diákok is végezhetik)

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
● rúd-mágnes-pár ● korong mágnes ● Nd-mágnesek ● gombostűk ● acélgolyók ● iránytű állványon ● 100 Ft-os pénzérmék ● vasreszelék ● mágnes-detektor lapka ● varrótű ● hungarocell darabka ● 2 db hűtőmágnes	● A4 méretű színtelen átlátszó műanyag lap ● víz tányérban

A kísérlet kivitelezése:

1. Mutassuk meg rúd-mágnes és az iránytű segítségével, hogy a mágneseknek két pólusa van: azonosak taszítják, ellentétesek vonzzák egymást.
2. Két rúd-mágnezt egymás meghosszabbításaként összefogva mutassuk meg, hogy ennek is két pólusa van és úgy viselkedik, mintha egy hosszú mágnes lenne. Ha „kettétörjük”, azaz szétválasztjuk őket, a kisebb daraboknak is két pólusa van. Azaz nem létezik mágneses monopólus.
3. Az iránytű kapcsán mutassuk meg, hogy a megfelelően alátámasztott mágnes adott irányba áll be a Föld mágneses terének köszönhetően.
4. Neodímium mágnezt (vagy a rúd-mágnezt) tegyük gombostűk közé! Mutassuk meg, hogy nagyon sokat magához vonz!
5. Figyeltessük meg, hogy a mágnes nem mindenféle fémet vonz! Megfigyelhető, hogy a pénzérméink közül csak a 100 Ft-os mágnesezhető, abból is csak a 2019 előttiék. 2019 óta olyan ötvözetből készül az érme, ami nem mágnesezhető.
6. Neodímium mágnes alá, vele nem közvetlenül érintkezve tartunk egy acélgolyót! Figyeltessük meg, hogy a golyó már a mágnes közelében is mágnessé válik, hozzá vonzódik a többi golyó. Ez a mágneses megosztás jelensége.
7. Két Nd-mágnes között a tenyerünk: a mágneses tér átmegy az emberi tenyérén.
8. Iránytű varrótűből: felmágnesezett varrótűt vízszintesen belenyomunk egy hungarocell darabkába, és rátesszük egy tányér vízre. Ekkor a tű beáll É-D irányba.
9. A két hűtőmágnes zötyögve csúsztható el egymáson a sávok szerkezete miatt.

Technikai javaslat:

Amit lehet adjunk körbe, hagyjuk kipróbálni a diákokat!

Variációk, fokozatok:

A hagyományos mágnesek ellentétes pólusukkal viszonylag könnyen, kis erővel összenyomhatóak. Ugyanez Nd-mágnesekkel már megoldhatatlan feladat.

Analógia:

A Föld is egy nagy mágnes, sőt minden csillagnak, bolygónak, holdnak, egyéb csillagászati objektumnak van mágneses tere. A mágneses tér változásai okozzák pl. a napfoltokat és a napkitöréseket.

Technikai kiegészítés: -**Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:**

- A neodímium mágnesek használatával és kezelésével kapcsolatban olvassuk el és tartsuk be a gyártó utasításait (mellékelt lapok)! A mágnesek nagyon erősek, képesek összecsapni a lágyabb testszöveteket!!! (tenyéren és ujjakon a hús, fülcimpa, orr, stb.)
- Mágnessel lehet készíteni Gauss-ágyút, amely veszélyes ütközési erőt képes kifejteni. Elegendő videón megmutatni, nem javasoljuk a megépítését:
https://www.youtube.com/watch?v=fdoLXChIJ_4

52. MÁGNESES LEBEGTETÉS

Lebegő mágneses pörgettyűvel és kémcsőbe helyezett mágnesekkel.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Mágnesek taszításának bemutatása;
- Meghökkenetés,

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet (diákok is végezhetik)

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• Lebegő mágneses pörgettyű https://www.taneszkozcentrum.hu/lebego_magnes_porgettyu_magneses_ter_1457 • neodímium mágnesek • kémcső • lebegő mágnes készlet	

A kísérlet kivitelezése:

1. A lebegő mágneses pörgettyűt helyezzük az „állványra”. Beszéljük meg a diákokkal a mágneses taszítást!
2. Tegyük egy kémcsőbe egy neodímium mágnes, majd rá taszító állásban egy másikat, esetleg egy harmadikat! Figyeltessük meg, hogy a mágnesek lebegnek egymás felett!
3. A lebegő mágneskészletnél figyeljük meg a lefelé csökkenő légréseket!

Technikai javaslat:

A lebegő mágneskészletet körbe adhatjuk, a kémcsőveset ne a törésveszély miatt.

Variációk, fokozatok:

A pörgettyűnél mutassuk meg a támasztó lapka nélkül, hogy van egy „mágneses domb”, amelyen a taszítás miatt lecsúszna a pörgettyű

Analógia: -

Technikai kiegészítés:

Vigyázzunk az összeugró vonzó mágnesekkel!

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- Vigyázzunk, hogy a neodímium mágnesek kémcsőbe helyezésekor nehogy eltörjön a kémcső!

53. RÚDMÁGNES TERÉNEK SZEMLÉLTETÉSE

Rúdmágnes mágneses terének szemléltetése vasreszeléssel.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- A mágneses tér (mező) létének bemutatása, szemléltetése.

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet (diákok is végezhetik)

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• rúdmágnes vagy Nd-mágnes • A4-es átlátszó, színtelen műanyag lap • mágnesdetektor lapka	• vasreszelék

A kísérlet kivitelezése:

1. Rúdmágnesre helyezünk átlátszó színtelen műanyag lapot és szórjunk rá vasreszeléket! Figyeltessük meg, hogy a vasszemcsék megfelelő rendbe (az erővonalaknak megfelelően) helyezkednek el.
2. Mágnes-detektor lapka és neodímium-mágnes segítségével mutassuk meg, hogy a lapka megmutatja a mágneses pólusokat.

Technikai javaslat:

A kísérlet körbeállós vagy körbevívós, mert viszonylag kicsik az eszközök.

Variációk, fokozatok: -

Analógia:

A mágneses tér

Technikai kiegészítés:

- Vigyázzunk, hogy a vasreszelék és a mágnesek ne érintkezzenek közvetlenül, mert nagyon nehéz leszedni a vasszemcséket a mágnesekről!

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- Sokan még középiskolában sem tudják, hogy a Föld mágneses É-D pólusai hogyan helyezkednek el. A mágneses északi pólus a földrajzi Déli-sark alatt van, a mágneses déli a földrajzi északi alatt van. Az ellentétes pólusok vonzása miatt az iránytű északi pólusa a földrajzi északi (tehát a mágneses déli) irányba néz.

54. MÁGNESES GYUFÁFEJEK

Miután elégettük a gyufafejet, mágnesezhetővé válik

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Átkristályosítással mágnesessé válhat a vas

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• Nd-mágnes	• 3-4 db elégett gyufafej

A kísérlet kivitelezése:

1. Előzetes kontrollkísérlet: szár nélküli, normál gyufafejekre nem hat a mágnes.
2. A gyufafejeket a helyszínen elégetjük, leválasztjuk róluk az elszenesedett szarát.
3. A fejekhez közelítjük a Nd-mágnest. Ekkor a gyufafejek megmozdulnak, a mágneshez ugranak, tapadnak.

Technikai javaslat:

- Biztonsági és esztétikai okokból úgy csináljuk, hogy ne égessük meg az asztalt (pl. csempe alátét)
- Kicsik az alapanyagok, így körbeállósan, közelről kell mutatni.

Variációk, fokozatok: -

Analógia:

Hő hatására van anyag, ami mágneses lesz, van, ami elveszti a mágnesességét.
A gyufafejek kicsi mágnesként viselkednek.

Technikai kiegészítés:

Vigyázzunk a forró gyufafejekkel! Könnyen képesek porladni is, koszolós.

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések: -

8. KÍSÉRLETSOR: ELEKTROMOSSÁG ÉS MÁGNESESSÉG KAPCSOLATA

AVAGY KÍSÉRLETEK ELEKTROMOS ÉS MÁGNESES ESZKÖZÖKKEL

- 55. A csengő működése**
- 56. Mozgási indukció**
- 57. Lenz törvénye**
- 58. Villanymotor**
- 59. Fénnyel hang-átvitel**

55. A CSENGŐ MŰKÖDÉSE

A csengő mint elektromágneset tartalmazó eszköz működésének bemutatása.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Elektromágnes működésének bemutatása;
- Csengő működési elvének bemutatása.

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet (diákok is végezhetik)

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• csengő-modell https://www.taneszkozcentrum.hu/csengo_modell_1251 • 9 V-os elem • vezetékek, banándugóval	

A kísérlet kivitelezése:

1. Állítsuk össze a csengő-modellt, kapcsoljunk rá feszültséget!
2. Mutassuk meg a diákoknak a csengő részeit! Beszéljük meg velük, melyiknek mi a szerepe!

Technikai javaslat:

A diákok szívesen megszólaltatják, engedjük nekik a kipróbálást.

Variációk, fokozatok: -

Modellkísérletnek bemutathatjuk, hogy árammal átjárt tekercs (azaz elektromágnes) hogyan lép kölcsönhatásba egy iránytűvel.

Analógia:

Villanymotor, relé, vastelepi elektromágnes

Technikai kiegészítés: -

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések: -

56. MOZGÁSI INDUKCIÓ

Mozgási indukció jelenségének bemutatása tekercssel, állandó mágnessel, középállású voltmérővel.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Mozgási indukció és a generátorok működésének bemutatása;

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet (diákok is végezhetik)

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• tekercs • rúdmágnes • tanulói voltmérő, vezetékek https://www.taneszkozcentrum.hu/tanuloi_voltmero_kozepallasu_1557	

A kísérlet kivitelezése:

1. Csatlakoztassuk a tekercs végpontjaihoz a voltmérőt! Így feszültségforrás nélküli áramkört hoztunk létre!
2. Toljunk rúd mágnest a tekercsbe! A mérőeszköz feszültséget jelez. A középállású mutató kitérésének iránya függ a mágnes mozgásának irányától.
3. Toljunk két összefogott mágnest a tekercsbe! Ekkor a mutató jobban kitér!
4. Mozgassuk gyorsabban a mágneseket! Ekkor a mutató jobban kitér!

Technikai javaslat:

Az eszközök kis mérete miatt körbeállós a kísérlet.

Variációk, fokozatok:

- Figyeljük meg, hogy csak mozgó mágnessel lehet előidézni a jelenséget. az álló mágnes nem eredményez semmit.
- Vessük fel és ellenőrizzük: Mi lesz, ha megfordítjuk a mágnes polaritását?

Analógia:

- Ezen az elven működnek a generátorok, mindenféle erőműben, járműben.

Technikai kiegészítés:

- Javasolhatjuk az interaktív animációt:
https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-electromagnetic-lab/latest/faradays-electromagnetic-lab_all.html

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések: -

57. LENZ TÖRVÉNYE

Lenz törvényének bemutatása

- A) alumíniumkarikákba tolt mágnessel,
B) műanyag és rézcsőben leeső neodímium mágnessel
C) indukciós zseblámpa

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Lenz törvényének szemléltetése;
- Az elektromágneses indukció érdekes alkalmazásának bemutatása;
- Meghökkenés.

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet (diákok is végezhetik)

<i>Szükséges eszközök:</i>	<i>Szükséges anyagok:</i>
● Lenz törvénye eszköz (zárt és nyitott alumíniumkarika állványon) https://www.taneszkozcentrum.hu/ lenz_torvenye_eszkoz_1252 ● rúd mágnes(ek) ● rézcső ● műanyag cső ● alufólia tekercs (bontatlan) ● neodímium mágnes ● polarizációs fólia https://www.euromagnet.hu/ polariz%C3%A1ci%C3%B3s-f%C3%B3lia- 50-mm-x-50-mm ● indukciós zseblámpa (handpressing flashlight)	 

A kísérlet kivitelezése:

A) *Lenz-törvénye eszköz:*

1. Állítsuk a karikákat a tűre, hogy a karika könnyen elfordulhasson
2. Toljuk be a mágnesrudat hirtelen mozdulattal a zárt karikába! A karika elmozdul a mágnes mozgásával egyező irányban, azaz el „akar” távolodni a mágnestől!
3. Húzzuk ki hirtelen mozdulattal a mágnest a zárt karikából! A karika most is a mágnes irányába mozdul!
4. Mutassuk meg, hogy a nyitott karika esetén nem tapasztaljuk a fentieket!

B) *Rézcső és műanyagcső:*

1. Állítsuk függőlegesen a műanyag csövet az asztal fölé kb. 5-6 cm magasságban tartva az alját az asztal lapjától! Tegyük a cső alá valamilyen puha alátétet, pl. összehajtogatott törleröngyöt!

2. Ejtsük bele a neodímium mágnes a csőbe, figyeltessük meg, hogy tulajdonképpen szabadeséssel esik benne, századmásodpercnyi idő alatt.
3. Tartsuk most a rézcsövet ugyanígy, és ejtsük bele a mágnes! Figyeltessük meg, hogy sokkal lassabban esik le, több másodperc alatt!
4. Az alufólia tekercs csövében ugyanilyen fékezési jelenség van.
5. A polarizációs fóliát a cső mellé tartva akár követhetjük is a mágnes mozgását.

C) Indukciós zseblámpa:

Ha nyomkodjuk a rugalmas kart, a lámpa fel-fel villan. Egy akku is töltődik róla, folyamatosan is képes világítani. Látszik a belső szerkezet.

Technikai javaslat:

A leesési időtartamot számoltassuk-méressük a diákokkal.
Az alufólia tekercs borítása maradjon meg, sőt segítsünk rá celluxszal is.
Adjuk kézbe a zseblámpát.

Variációk, fokozatok:

- Próbáltassuk ki, hogy sem a gyűrűk, sem a csövek nem mágnesezhetők, a mágnes nem vonzódik hozzájuk. Ennek ellenére viselkednek mágnesként.
- A csövekben a leesés időtartama nagyságrendekkel eltérhet.
- Ha az alufólia cső palástján a Nd-mágnes lazán fogva gyorsan oda-vissza mozgatjuk, érzünk egy fékezőerőt.

Analógia:

- Érdekességgként elmesélhetjük a diákoknak, hogy a jelenséget nagy tömegű járművek (vonat, kamion) fékezésére is felhasználják (Waltenhofen-inga elv).
- Hibrid autókban indukciós elvű akkumulátor visszatöltés van.

Technikai kiegészítés:

- A neodímium mágnesek használatával és kezelésével kapcsolatban olvassuk el és tartsuk be a gyártó utasításait (mellékelt lapok)!
- A Nd-mágnes ne engedjük keményen ütközni a padra, mert könnyen aprózódik.

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- Lenz törvénye természetesen meghaladja az általános iskolai anyagot, de az indukciós kísérletekkel összekapcsolva, a diákok számára megérthető, a kísérlet pedig elég látványos, meghökkentő.
- A Lenz-karikás kísérletnél hívjuk fel a diákok figyelmét, hogy a karika nem a kezünk hirtelen mozgása által keltett légáramlás miatt történik! A nyitott karikás kísérlet meggyőző ezzel kapcsolatban.
- Mutassuk meg a diákoknak, hogy a rézcső sem mágnesezhető, nem mágneses vonzás miatt esik benne lassabban a mágnes.
- Sok videó van az ejtési kísérletről:

<https://www.youtube.com/watch?v=sENgdSF8ppA>
<https://www.youtube.com/watch?v=Q7leJTZ6E48>
<https://www.youtube.com/watch?v=HqHQBg3tWYo>

58. A VILLANYMOTOR

Egyszerű villanymotort készítünk ceruzaelemből, mágnesből és rézdrótból.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Az áram mágneses hatásának bemutatása
- A villanymotorok működési elvének bemutatása

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet (diákok is végezhetik)

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• egy db AA ceruzaelem • egy menetnyi rézdrót tekercs, mit rá lehet állítani a ceruzaelem pozitív bütykére • Nd-mágnes (3-4 cm hengeres)	

A kísérlet kivitelezése:

1. A hengeres Nd-mágnes egyik alapjára állítsuk rá az AA elemet a negatív pólusával.
2. A tekercset támasszuk rá a pozitív pöcökre, a tekercs alja érjen hozzá a Nd-mágneshez.
3. Ekkor a tekercs forgásba jön.

Technikai javaslat:

A kis alkatrészek miatt közelről körbeállós a kísérlet.

Variációk, fokozatok:

Kérdezzük meg, hogy hogyan lehetne megfordítani a forgásirányt. Minden csoportban van legalább egy diák, aki rájön, hogy vagy a mágnes megfordításával, vagy az AA elem megfordításával lehet forgásirányt váltani.

Analógia:

Járművek, háztartási gépek motorjai.

Technikai kiegészítés:

„Homopolar motor” néven: <https://www.youtube.com/watch?v=q9VpXz01msM>
Mágnesetekercses „vonat”: <https://www.youtube.com/watch?v=J9b0J29OzAU>

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- Néha felmerül, hogy örökmozgót csináltunk. Mindenképpen cáfoljuk meg!
- Hívjuk fel a figyelmet, hogy a villanymotorhoz 3 összetevő kell (mágnes, vezeték, áramforrás), ez a legegyszerűbb összeállítás.

59. FÉNNYEL HANGÁTVITEL

Mobilon lejátszott zenét zseblámpafénnyé alakítva a megvilágított napelem feszültség-ingadozása hangfalon zeneként hallatszik.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Elektromos rezgések lüktető fénné alakíthatóak.
- A lüktető fény a napelemben feszültség-ingadozást okoz
- A feszültség-ingadozás hallható jelekké alakítható erősítővel

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• fény-hang átvivő egységcsomag • preparált zseblámba csatlakozóval, napelem csatlakozóval, aktív hangfal • mobiltelefon zenelejátszással, kis Jack-csatlakozóval	

A kísérlet kivitelezése:

1. A mobilhoz csatlakoztatjuk a zseblámpát, és elindítjuk a mobilin a zene lejátszását.
2. A napelemből a hangfalhoz csatlakoztatjuk.
3. A zseblámpa fényét a napelemre irányítjuk. Ekkor a hangfalon megjelenik a zene.

Technikai javaslat:

Meg kell mutatni, hogy két független áramkőről van szó, a kapcsolatot csak a fény adja.

Variációk, fokozatok:

- Hangerőt szabályozni fényerővel tudunk: zseblámpa távolítás-közelítése a napelemhez.
- Ha kézzel vagy ujjakkal kitakarjuk a fényt, kattog a hang, vagy elhallgat.
- Ha egy neoncső vagy projektor fényét irányítjuk a napelemre, hallatszik az 50 Hz-es villogási frekvencia.
- Egyenletesebb fényű fényforrásoknál a be-ki kapcsolás kattanásként dekódolódik.

Analógia:

Közvetlen rálátású rádióadás.

Technikai kiegészítés:

A mobil által kiadott jel erősségétől jelentősen függ az átvitel. Próbáljuk ki több mobillal is, élvezhetően hangosnak kell lennie a hangfalon a zenének.

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A kapcsolási rajz és az ötlet a Science In School c. folyóiratban jelent meg 2014-ben.

A kapcsolási rajz és a cikk egy része:

Carrying sound on a light beam

Materials

Transmitter

- LED flashlight (torch)
- 2 alligator clips
- 3.5 mm stereo plug
- Breadboard
- 100 Ω resistor
- 100 μ F capacitor
- Mp3 player with a 3.5 mm jack output
- Battery holder
- 3 1.5 V batteries (depending on the flashlight you use)
- Soldering iron
- Solder
- 2 small pieces of lighting flex wire (about 3 cm each)

Receiver

- Solar panel
- Amplifying speakers with external power supply
- 2 alligator clips

Procedure

The transmitter

1. Unscrew the head of the flashlight (figure 5).
2. Use the breadboard to construct the circuit shown in figure 6. Your circuit should look like the one in figure 4 (instead of using a breadboard, you can construct the circuit using alligator clips to make the proper connections). Be careful to connect the head of the flashlight and the battery holder exactly as it looks in figure 7. The negative pole of the battery holder (black wire) must be connected with the side body of the flashlight's head while the positive pole (red wire) must be connected with the spring-like metal in the centre of the head. Otherwise, the flashlight will not turn on.
3. To connect the stereo plug to the breadboard, solder the two pieces of wire to the stereo plug. Solder one wire (red) to both the first and second segments of the plug (or in just one of them) while the other wire (white) goes to the third segment (figure 8).



Fig. 5. A normal LED flashlight

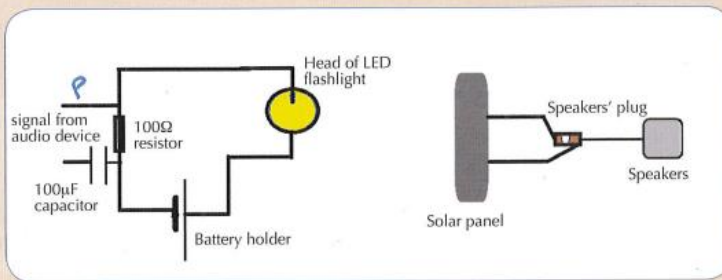


Fig. 6. A diagram of the 'carrying sound' circuit

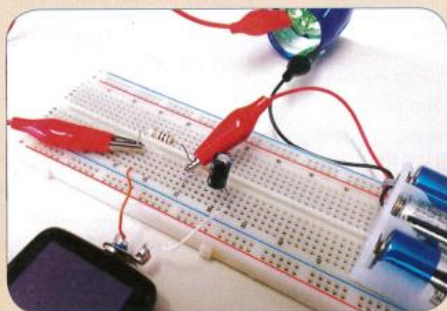


Fig. 7. The transmitter's circuit



Fig. 8. The stereo plug

9. KÍSÉRLETSOR: OPTIKAI JELENSÉGEK

AVAGY KÍSÉRLETEK TÜKRÖKKEL, LENCSEKKEL, FÉNYFORRÁSOKKAL

- 60. Láthatóvá válik a fény útja**
- 61. Merre megy a fény? – Tükröződés**
- 62. Merre megy a fény? – Fénytörés**
- 63. Optikai csalódás? Vagy csak látszólag? – Valódi kép homorú tükörrel**
- 64. Optikai csalódás? Vagy csak látszólag? – Megforduló nyíl**
- 65. Optikai csalódás? Vagy csak látszólag? – Ott a képe**
- 66. Fénytörés katedrálüveggel**
- 67. Játék a színekkel – Prizma**
- 68. Játék a színekkel – Színszűrők**
- 69. Kísérletek polárszűrőkkel**
- 70. Lángfestés**
- 71. Színfelbontás másképp**
- 72. Fénysimogatás**
- 73. UV-fény**

60. LÁTHATÓVÁ VÁLIK A FÉNY ÚTJA

Lézermutató fényének útját levegőben, vízben és egyéb homogén közegben nem látjuk. Levegőben füst, vízben szappan segítségével azonban láthatóvá tehető.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- A fény tulajdonságainak bemutatása;
- A fénysugár útjának vizsgálata.

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet (diákok is végezhetik)

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• egysugaras lézerfényforrás • főzőpohár • gázgyújtó • hengeres PET folyadékkal, kupakkal (pl. tejes víz), amibe bevilágíthatunk tengely irányban	• füstgép • szappan • csapvíz

A kísérlet kivitelezése:

1. Kapcsoljuk be a lézermutatót! Figyeltessük meg a diákokkal, hogy a fény útját nem látjuk, csak az általa megvilágított tárgyakat!
2. Engedjünk füstöt a fény útjába! Figyeltessük meg, hogy a fény útja láthatóvá válik (mivel láthatóvá váltak az általa megvilágított kis szilárd szemcsék)!
3. Világítsunk át a lézermutatóval főzőpohárba engedett csapvizen! Figyeltessük meg, hogy a fény útja a vízben most sem látszik!
4. Oldjunk kevés szappant a vízben! Figyeltessük meg, hogy a fény útja láthatóvá válik benne!

Technikai javaslat:

- A termet lehetőség szerint sötétíteni kell, de a levegőben lévő direkt napfény jelentősen ront a hatáson. Keressünk fénymentesebb helyet.
- A füstgép időnként felfűt-lehűl, számítani kell egy kb. fél perces „kiesésre”

Variációk, fokozatok:

- A fény vízben való útjának láthatóvá tételére a vízbe keverhetünk néhány csepp tejet is.
- Ha a víz kellően buborékos, amíg kitisztul, ekkor is látszik a fénynyaláb.
- A füstgépből kiáramló *füst örvényeinek metszete* nagyon látványosan megjelenik, ha a lézer forrással gyorsan apró körzéseket, oda-vissza mozgásokat végzünk.
- Ha egy *hengeres PET-ben lévő folyadékba világítunk* vele (közel tengelyirányban), akkor a teljes visszaverődés is megjelenik. De nem fűrészfogas egyeneseket látunk, hanem szinuszhullám jellegű nyalábot! Magyarázat: A PET

hengeressége miatt változó vastagságú folyadékrétegeken keresztül érkezik hozzánk a fény, ezért pontról pontra változik a törés iránya is.

Analógia:

- Ködös időben a járművek lámpája is fénycsóvát kelt. Koncerteken, színházi előadásban szintén láthatóak a reflektorok nyalábjai.
- Szót ejthetünk a lézershow-król is, ahol a lézersugarak láthatóvá tétele érdekében füstöt alkalmaznak.

Technikai kiegészítés:

A lézer viszonylag nagy teljesítménye miatt nagyon óvatosan kell bánni vele, éppen ezért diák kezébe adni nem tanácsoljuk.

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A kísérlet magyarázata közben kerüljön elő az elsődleges és másodlagos fényforrás fogalma.
- A fény útja az ún. kolloid rendszerekben válik láthatóvá. Ezek olyan rendszerek, melyben 1 és 500 nm közti méretű részecskék vannak szétosztatva valamilyen gáz vagy folyékony (esteleleg szilárd) halmazállapotú közegben. Kolloid rendszer például a füst vagy a köd.
- Egyes akciófilmekben a biztonsági fotocellás lézer nyalábjai látszanak a védendő banki pánclétermében vagy egy értékes műkincs körül. Ha már alapban is látszik, elgondolkodtató, hogy milyen poros lehet a levegő. Az okos filmrendező pl. dezodort vagy lisztet fújat a „betörővel”, és csak ekkor válik láthatóvá a nyaláb.

61. MERRE MEGY A FÉNY? - TÜKRÖZŐDÉS

- A) Sík-homorú-domború tükör sugármenetei.
 B) Periszkóp és szögtükör működésének modellezése.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- fényvisszaverődés törvényének bemutatása különböző tükrökkel

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet, majd diákok is végezhetik

<i>Szükséges eszközök:</i>	<i>Szükséges anyagok:</i>
• háromsugaras lézer https://webshop.balazs-diak.hu/akril-lencse-keszlet-8-db-os-22025 • domború tükör • homorú tükör • síktükör: szögtükör pár • Magic Mirror (hajlítható tükör) • füstgép • periszkóp https://webshop.balazs-diak.hu/periszkop-15397	 • kisebb tárgy (radír) szögtükörhöz 

A kísérlet kivitelezése:

1. A háromsugaras lézerfényforrás, a füstgép, és az optikai készlet tükrei segítségével bemutathatjuk a tükrök visszavert sugarait.
2. A homorú és a domború tükör képalkotásának elmondása után körbeadjuk az optikai készlet eszközeit, hogy testközelből lássák a tükröképeket.
3. A Magic Mirror is körbeadható, amely két kézzel óvatosan hajlítgatva sí-homorú-domború alakot tud felvenni, ezáltal torzítva az önarcképet.
4. A szögtükör képalkotását vizsgáljuk: 180 fok esetén 1 tükrökép, 0 fok esetén végtelen sok, egyébként szögfüggő a tükrökép darabszám: $db = (360/\alpha) - 1$

Technikai javaslat:

- A füstgép segítségével látszik az összetartó, széttartó, párhuzamos fénynyaláb.
- Kellően sötét, de legalább napfénymentes terem kell.
- A Magic Mirror könnyen hajlik, óvatosan kell bánni vele.
- Mindegyik optikai eszközt csak a szélén fogjuk meg, nem szabad összetapogatni, mert homályosak lesznek a képek.

Variációk, fokozatok:

A periszkóppal a diákok ki tudnak „lesni” az ablakpárkány alól, pad alól, másik ember feje mögül.

Analógia:

- A tapasztalt jelenségek az alapja a további, képalkotással kapcsolatos jelenségeknek.
- Periszkóp alkalmazása: tengeralattjáró, lövészárók
- Utaljunk a Lissajous-görbéket rajzoló eszközre („Láthatóvá tesszük a hullámokat” c. kísérletben hanggal rajzolás), mert ott is síktüköröt használtunk

Technikai kiegészítés: -

- Interaktív animáció a szögtükörhöz:
<https://micro.magnet.fsu.edu/primer/java/scienceopticsu/hinged/index.html>

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- Kiváló kizárólag interaktív optikai animációk vannak ezen az oldalon, angolul:
<https://micro.magnet.fsu.edu/optics/tutorials/index.html>
- Kiváló interaktív animációk vannak itt, témakörökre bontva, magyarra beállítható feliratokkal, többek között optikai eszközök működését is modellezzik, de más témakörhöz is hatásos:
<https://www.vascak.cz/physicsanimations.php?l=hu>

62. MERRE MEGY A FÉNY? – FÉNYTÖRÉS

Fénytörés optika test készlettel – domború és homorú lencsével

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- fénytörés törvényének bemutatása

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet (diákok is végezhetik)

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
https://webshop.balazs-diak.hu/akril-lencse-keszlet-8-db-os-22025 • homorú lencse • domború lencse • füstgép	

A kísérlet kivitelezése:

1. A háromsugaras lézerfényforrás, a füstgép, és az optikai készlet lencsái segítségével bemutathatjuk a lencsék megtört sugarait.

Technikai javaslat:

Kellően sötétített terem szükséges.

Variációk, fokozatok: -

Analógia:

- A tapasztalt jelenségek az alapja a további, képalkotással kapcsolatos jelenségeknek.

Technikai kiegészítés: -

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések: -

63. OPTIKAI CSALÓDÁS? VAGY CSAK LÁTSZÓLAG? – VALÓDI KÉP HOMORÚ TÜKRÖKKEL

Valódi kép létrehozása egymás fókuszpontjába helyezett homorú gyűjtőtükrök segítségével.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Gömbtükrök képalkotásának megismerése;
- Valódi kép tulajdonságainak megismerése;

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet, majd a diákok egyesével végzik

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• homorútükrökből álló képalkotó eszköz https://www.amazon.com/MarsGeek-Mirascope-Instant-Illusion-Hologram/dp/B07RZZSQDJ	

A kísérlet kivitelezése:

1. Állítsuk össze a kísérleti eszközt: egymásra helyezve a két homorútükröt, az alsó közepébe helyezve a kis tárgyat!
2. Jó megvilágítás mellett megfelelő magasságban tartva tartsuk a diákok elé az eszközt és kérjük meg őket, hogy vegyék le a tárgyat! Biztosan nem sikerül...

Technikai javaslat:

A kísérlet megtapasztalása egyszerre csak egy embernek lehetséges, sorbanállós kísérlet. Érdeemes másik kísérlettel párhuzamosan végeztetni.

Variációk, fokozatok: -

Analógia:

- Egyes távcsöveknél alkalmaznak hasonló megoldásokat.
- Hívjuk fel a diákok figyelmét, hogy bár szokás az eszközt „hologram-előállító”-nak is nevezni, a hologram egészen más optikai jelenség.

Technikai kiegészítés: -

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- Néhány sikertelen próbálkozás után mutassuk meg nekik, hogy itt két, egymás fókuszpontjába helyezett homorútükrőről van szó. Kérjük meg őket, hogy próbálják meg felrajzolni a fő sugármenetek segítségével az eszköz képalkotását!
- A kísérlet jó lehetőség arra, hogy a „valódi kép” fogalmát kézzel (nem) foghatóvá tegyük a diákok számára.

64. OPTIKAI CSALÓDÁS? VAGY CSAK LÁTSZÓLAG? – MEGFORDULÓ NYÍL

Ha üveghengerbe vizet töltünk, a mögé helyezett papírlapra rajzolt, oldalra mutató nyíl látszólag a másik irányba mutat.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Optikai lencse képalkotásának illusztrációja;
- Bűvésztükkök és illúziók mibenlétének vizsgálata;

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet (diákok is végezhetik)

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• 600 cm³-es magas főzőpohár • műanyag konyhai mérőedény	• papírlap • toll vagy ceruza • csapvíz

A kísérlet kivitelezése:

1. Rajzoljunk a papírlapra egy nyilat és helyezzük állítva egy főzőpohár mögé!
2. Töltsünk vizet a konyhai mérőedényből a főzőpohárba!
3. Figyeltessük meg a diákokkal, hogy ha a főzőpoháron keresztül nézik a nyilat, az a víz betöltése után a nyíl iránya megfordul!

Technikai javaslat:

- A kísérlet megtapasztalása egyszerre csak egy embernek lehetséges, sorbanállós kísérlet. Érdekes másik kísérlettel párhuzamosan végeztetni.
- Előzetesen alaposan ki kell mérni, hogy hová tegyük a poharat a laphoz képest, és hová álljunk a nézéshez.
- A rajzlap stabil kitámasztás is lényeges.
- Hogy ne kelljen túlságosan görnyedni, meg kell emelni a pohár-rajz rendszert.

Variációk, fokozatok:

- Két rajz egy lapon: balra egy fiú, egy csokor virággal, jobbra a lány alaphat hátat fordít a fiúnak. Ha feltöltjük a lány előtti poharat vízzel, a lány a fiú felé fordul.

Analógia:

A domború lencse fordított állású képet ad: távcsöveknél probléma. Az emberi szem is fordított állású képet alkot, csak az agy visszafordítja.

Technikai kiegészítés: -

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A főzőpohár itt a függőleges tengely mentén gyűjtőlencseként viselkedik és fordított állású képet ad, ezért fordul meg a nyíl látszólag.
- A jelenség akkor látványos, ha a főzőpohár és a nyíl tengelyében figyeljük.

65. OPTIKAI CSALÓDÁS? VAGY CSAK LÁTSZÓLAG? – OTT A KÉPE

Képképzés lencsékkel, tükrökkel.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Optikai lencsék és tükrök képképzésének bemutatása.

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet (diákok is végezhetik)

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• optikai készlet állványon https://webshop.balazs-diak.hu/optikai-keszlet-allvanyon-11350 • Fresnel-lencse	 • gyújtható papír, aszfalt

A kísérlet kivitelezése:

- A készletben található tükrök és lencsék segítségével mutassuk be a lehetséges képképzéseket a tükör és a tárgy távolságától függően!
- Valódi képet csak a homorú tükör és a domború lencse tud alkotni. Papírlapon nem keletkezik kép síktükörnél és domború tükörnél.

Technikai javaslat:

- Amikor valódi képet állítunk elő a tanteremről, kérjük integetésre, hadonászásra a gyerekeket: egyértelműbb lesz a látvány, és hogy fejjel lefelé integetnek.
- Tárgynak célszerű egy gyertya lángját használni.
- A valódi kép felfogható egy egyszerű papírlapra vagy a falra is, nem szükséges különleges ernyőt használni.

Variációk, fokozatok:

- Fresnel-lencse működésének bemutatása: kézzel foghatóan sík üveg lemez, de nagyítóként működik. A felület kialakítását a táblára fel kell rajzolni!
- A Fresnel-lencsével „nagyképűvé tehetünk” diákokat: kellően közelről nagyítja az egész arcot, lehet ijesztgetni is egymást.
- A Fresnel-lencse valódi képe látványosan nagy a falon: az emberi szemlencse is egy ilyen fordított állású képet hoz létre, csak az agy visszafordítja a tapasztalat alapján.
- Ha elég erős a napsütés, kellően magasan van a nap, akkor kár gyújtogatni, aszfaltot olvasztani is lehet domború lencsével.

Analógia:

- Szemüvegesek vizsgálata az osztályban: Akinek homorú lencséje van, a lencse mindenféleképpen kicsinyíti. A domború lencse közeli tárgyat nagyít.

- kamera, projektor, távcső (Galilei, Kepler, Newton), mikroszkóp, autók fényszórója, stb.

Technikai kiegészítés:

- Az esetleges gyújtogatásnál vigyázzunk már az udvarra kijutáskor is, nehogy felgyújtuk magunkat, ha szembe megyünk a nappal.
- A Fresnel-lencse két oldala nem egyenértékű, kissé másképpen gyűjti a fényt, ha megfordítjuk. Ezért szóljunk a diákoknak, illetve a sima felére alkoholos filccel tehetünk jelölést is.

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- Ha időnk engedi, röviden szemléltethetjük a diákoknak a természettudományok működését (nevezetesen a kiszámolt és a mért adatok egyezésének követelményét): egy adott kísérleti elrendezés (adott fókusz távolság, tárgytávolság) esetén a képtávolságot a) megmérhetjük vonalzóval/mérőszalaggal; b) kiszámíthatjuk a leképezési törvény alapján; c) megrajzolhatjuk és lemérhetjük papíron a fő sugármenetek alapján lerajzolva a képalkotást. Ez utóbbi eset jó szemléltetése annak, miért is hívjuk ezt geometriai optikának.
- Ha a diákok kellően fegyelmezettek, a kezükbe is adhatjuk az eszközöket, nézzenek beléjük és át rajtuk, vizsgálják meg így, milyennek látják a világot!
- Az alkalmazásokat ne feltétlen mi mondjuk, hanem a diákok gyűjtsék össze!
- Kiváló kizárólag interaktív optikai animációk vannak ezen az oldalon, angolul: <https://micro.magnet.fsu.edu/optics/tutorials/index.html>
- Kiváló interaktív animációk vannak itt, témakörökre bontva, magyarra beállítható feliratokkal, többek között optikai eszközök működését is modellezzik, de más témakörhöz is hatásos: <https://www.vascak.cz/physicsanimations.php?l=hu>

66. FÉNYTÖRÉS KATEDRÁLÜVEGGEL

A katedrálüveg látványos fénytörése lézerfoltokkal

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- A fénytörés bemutatása

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• lézer mutató • katedrálüveg darabka • nagyobb vetítési felület	

A kísérlet kivitelezése:

- A lézer kezdetben csak egy pontként jelenik meg a falon. Ha a katedrálüvegen át vetítem, akkor látványos „lézershow-foltok” keletkeznek.
-

Technikai javaslat:

- Olyan fehér falat keressünk, ami kellően sima, de nem tükrözi a lézert.
- Kellően sötétített, árnyékos teremben látványosan működik.

Variációk, fokozatok:

- Asztalra vetítve lehet „fényt simogatni”.
- Kreativitási játék: milyen tárgyat, lényt látsz a megjelenő alakzatban? Ekkor feltétlen lassan kell mozgatni a lézert, nekinyomva az üvegnek.

Analógia: -

Technikai kiegészítés:

- A lézer viszonylag nagy teljesítménye miatt vigyázzunk, hogy se közvetlenül, se tükröződve ne jusson senki szemébe, Éppen ezért ne adjuk diák kezébe a lézert.
- Az üveg széle éles, a sarkok hegyesek, figyeljünk a leragasztásra.

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- Megfigyelhető, hogy sokszor párhuzamos-koncentrikus sávok is kialakulnak Ez vékonyréteg interferencia, ezzel a fény hullámtulajdonságát is bizonyítjuk. Az interferencia középiskolás tananyag, elég, ha annyit mondunk, hogy ahol fényes sáv van, ott erősítik egymást a fényhullámok.

67. JÁTÉK A SZÍNEKKEL – PRIZMA

Prizmára eső összetett fény felbontása összetevőire.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Összetett fehér fény színekre való felbontásának bemutatása.
- A monokróm fényt csak megtöri a prizma

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet (diákok is végezhetik)

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• prizma (az előző eszközkészletből) • lézermutató • sima, lehetőleg fehér falfelület, esetleg fehér papír	• összetett fehér fény, pl. Nap vagy zseblámpa fénye

A kísérlet kivitelezése:

1. Helyezzük a prizmát megfelelően fordítva az összetett fehér fény útjába! Figyeltessük meg, hogy a fény a szivárvány színeire bomlott, illetve eltérült eredeti irányától.
2. Világítsuk meg a prizma egyik lapját a lézerrel (a lapra nem merőlegesen) és figyeltessük meg, hogy a fénysugár útja eltérült, de nem lesz színes a kilépő fény!

Technikai javaslat:

- A legjobb fényforrás a napfény. Lehetőleg napfényes időben végezzük. Esélyes, hogy ehhez ki kell menni a teremből, számoljunk ezzel az időtartammal is!

Variációk, fokozatok:

- Figyeljük meg, hogy a prizma a talajon és a plafonon is létrehoz szivárványt, csak éppen fordított a színsorrendjük. Az egyik csak töréssel jön létre, a másiban van egy teljes visszaverődés is.

Analógia:

- A színek felbontása kapcsán mindenképp beszéljünk röviden a szivárvány keletkezéséről!
- Ha időnk engedi, beszélhetünk a diákoknak a prizmák alkalmazásáról (pl. képfordító prizma, macskaszem stb.), fel is rajzolhatjuk a fény útját.

Technikai kiegészítés: -

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- Ha a diákok kellően fegyelmezettek, a kezükbe is adhatjuk a prizmát, nézzenek át rajta, vizsgálják meg így, próbáljanak szivárványt előállítani.

68. JÁTÉK A SZÍNEKKEL – SZÍNSZŰRŐK

Színes tollal rajzolt ábra láthatatlanná válik ugyanolyan színű áttetsző fólia ráhelyezése hatására. Ezáltal titkosírásra használható.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Meghökkenés.
- A színszűrők alkalmazásának bemutatása.
- Színek keletkezésének bemutatása.

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet (diákok is végezhetik)

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• színes fólialap (piros) • színes tollak (piros és kék) • átlátszó színtelen PET (2 liter) • zöld lézer	• papírlap • víz • piros ételfesték

A kísérlet kivitelezése:

1. Írjunk vagy rajzoljunk valamit kék színű tollal a papírlapra, majd a piros tollal rajzoljunk rá össze-vissza, girbegurba vonalakat addig, míg a kékkel rajzolt kép már nem felismerhető (de ne satírozzunk a piros tollal)!
2. A diákok állapítsák meg, mit rajzoltunk/írtunk! Mivel a két színnel rajzolt vonalakat egyformán jól látják, feltehetően nem fogják tudni ezt megállapítani.
3. Tegyük a papírlap elé a piros fóliát, hogy azon keresztül nézzék! A piros színnel rajzolt vonalat nem (vagy legalábbis jóval halványabban) látják, így a kékkel rajzolt ábra/írás előtűnik.
4. *Benyhe László fejlesztése:* 2 literes PET-be vizet töltünk, és belecsepegtetünk piros ételfestéket. Megvilágítjuk zöld lézerrel: a lézernyaláb **ELTŰNIK** ott, ahol már szétterjedt a piros ételfesték, de előtte és utána látható a vízben.

Technikai javaslat:

Erős fényű lámpa használata egyértelműbbé teszi a jelenséget.

Variációk, fokozatok: -

Analógia: -

Technikai kiegészítés:

Vigyázzunk lézerrel, ne világítsunk senki szemébe.

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A kísérlet körítéséhez kitalálhatunk valamiféle mesét, bűvésztrükköt.
- Kitérhetünk a színek keletkezésének megbeszélésére. A tárgyak színe függ a megvilágító fény színétől.

69. KÍSÉRLETEK POLÁRSZŰRŐKKEL

Polarizáció, kioltás jelenségének bemutatása moziszemüvegek segítségével.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- A polarizáció jelenségének bemutatása.
- A polarizáció alkalmazási lehetőségeinek bemutatása.

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet (diákok is végezhetik)

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• 2 db 3D-s moziszemüveg mint polarizátorok • színtelen átlátszó műanyag vonalzó • laptop monitora (fehér képernyőre állítva)	• cellux a vonalzóra ragasztva

A kísérlet kivitelezése:

7. Mutassuk meg a diákoknak a moziszemüvegeket és figyeltessük meg, hogy külön-külön mindkettőn átlátnak úgy, mintha egy gyengébb napszemüveg lenne.
8. Tegyük egymás elé a két szemüveget, hogy két szemüveglencsén egyszerre nézzenek át! Figyeltessük meg, hogy így is látják a mögötte levő tárgyakat, esetleg a fényerősség kissé lecsökkent.
9. A szemüveglencsét tegyük egymás elé, és forgassuk el egyiket a másikhoz képest, egészen merőlegesig, majd tovább! Figyeltessük meg, hogy a szemüvegek mögött lévő tárgyakat a forgatás során egyre halványabban látják, a kép sötétül, merőleges helyzetben pedig nem látják, csak feketeséget.
10. Merőleges állásnál válasszuk szét a szemüvegeket és mutassuk meg, hogy külön-külön mindkettő jól átlátható.
11. Tovább forgatva a szemüvegeket a mögöttük levő tárgyak újra láthatók.

Technikai javaslat:

Egyszemélyes kísérlet, így sorbanállósan kell megszervezni, párhuzamosan más tevékenységgel.

Variációk, fokozatok:

- Laptop képernyője előtt forgatva a szemüveget egy bizonyos helyzetben szintén feketén átláthatatlan lesz a látvány.
- Ha átlátszó műanyag vonalzót teszünk a monitor és a szemüveg közé, szivárványos csíkok jelennek meg a vonalzón. Ha még egy cellux csíkot is ragasztunk rá, még különlegesebb lesz a látvány.
- Ha most forgatjuk a szemüveget, lesz olyan helyzete, amikor átlátunk a vonalzón, de a vonalzó mellett fekete lesz a képernyő.

Analógia:

- Polarizált fényt érzékelnek egyes rovarok, madarak, ez alapján tájékozódnak.
- Egyes rádióadások rádióhullámai is polarizáltak, ezért nem mindegy, hogy hogyan forgatjuk az antennát.
- Analitikai kémiában az ún. optikailag aktív anyagok koncentrációmérésének módszere.

Technikai kiegészítés: -

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A fénypolarizáció szintén nem általános iskolai tananyag, de szemléletes példákkal a diákok könnyen fogalmat alkothatnak a „csak egy síkban rezgő hullámról”, így érthetővé válik számukra a kioltás keresztezett polárszűrők esetén. Érthetőbb, ha azt mondjuk, hogy egy hosszú léccel csak úgy lehet haladni egy erdőben, hogy függőlegesre állítom. Vízszintesen keresztben tartott létrákat nem enged át az erdő, fennakadunk a fákon. Az erdő egy polárszűrő a létrára nézve.
- A jelenség előfordulásának és alkalmazásának megbeszélése során megemlíthetjük a fényképezőgép polárszűrőjét, a vízi rovarok szemét vagy akár az
- Mivel moziszemüvegekről van szó, a 3D-s képalkotás módszereiről is ejthetünk szót.
- A vonalzón látható színes sávok: Minél vékonyabb és sűrűbb a vonalrendszer, annál nagyobb mechanikai feszültség van az anyagban, ott tud nagy valószínűséggel eltörni. Roncsolásmentes anyagvizsgálat.
- Polárszűrőt kivehetünk elektronikai hulladék laptopból is.

70. LÁNGFESTÉS

Bunsen-égő lángjának színezése fémsókkal.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- egy analitikai módszer bemutatása (bizonyos fémek kimutatása)
- atomok elektronszerkezetével kapcsolatos fogalmak és ismeretek szemléltetése

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet, majd diákok is végezhetik

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
● parafadugóba szúrt acélszeg ● Bunsen égő ● gázgyújtó/gyufa ● főzőpohár ● dörzspapír	● csapvíz ● papírtörlő ● az alábbi fémek sói: lítium, nátrium, kálium, kalcium, stroncium, bárium, réz

A kísérlet kivitelezése:

1. Öntsünk vizet a főzőpohárba!
2. Mártsuk be a parafadugóba szúrt acélszeg végét a vízbe, majd vegyünk fel vele néhány kristályt a sókból!
3. Tartsuk a szeget a Bunsen-égő lángjába! Figyeltessük meg a lángfestés színét!
 - Lítium: kárminvörös
 - Stroncium: bíborvörös
 - Kalcium: téglavörös
 - Kálium: fakóibolya
 - Bárium: fakózöld
 - Réz: zöld
 - Nátrium: sárga

Technikai javaslat:

- Mossuk le alaposan a szeget a fémsótól a következő só használata előtt a szennyeződések elkerülése érdekében! Szükség esetén időnként dörzspapírral is tisztítsuk meg a szeget!
- A fényszegényebb jelenségek miatt lehetőség szerint sötétített teremben végezzük.

Variációk, fokozatok:

- Vigyázzunk, hogy a sókat ne szennyezzük el egymással! A Na lángfestése olyan intenzív, hogy elnyomja bármelyik másikat, ezért ezt mutassuk be utoljára!

Analógia:

- Érdeemes felhívni a figyelmet, hogy színes rakéták és tűzijátékok készítéséhez mai napig használnak lángfestést adó fémsókat.

- Ha rézdrót fonatot (elektromos vezeték) tartunk gázlángba, a réz zöldes lángfestése könnyen előállítható.

Technikai kiegészítés:

- Vigyázzunk, hogy a szög parafadugóban levő végével ne égessük meg magunkat, ha felforrósodott a szög!

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A lángfestés az analitikai kémia sokáig alkalmazott módszere volt. A színeképek az atomok „ujjlenyomatai”. Színeképelemzéssel sikerült pl. a Nap felszínének összetételét megállapítani.
- Kapcsoljuk össze a kísérletet a következővel és vizsgáljuk meg a különböző színű lángokat kézi spektroszkóppal!

71. SZÍNFELBONTÁS MÁSKÉPP

Kézi spektroszkóp használata (fénycső és fémsókkal festett gázláng vizsgálata).

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- A színfelbontás optikai rács által történő bemutatása.
- Kézi spektroszkóp bemutatása.

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet (diákok is végezhetik)

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• kézi spektroszkóp https://www.taneszkozcentrum.hu/kezi_spektroszkop_tanuloi_1576	

A kísérlet kivitelezése:

1. Vizsgáljuk meg a teremben lévő fénycső színekét a kézi spektroszkóppal!
2. Vizsgáljuk meg az előző kísérletben szereplő színes lángokat a kézi spektroszkóppal!

Technikai javaslat:

A fénycsőhöz értelemszerűen nem kell sötétítés, de a lángok vizsgálatához már igen.

Variációk, fokozatok: -

Analógia:

- A kísérlet lehetőséget ad számos más, tágas témakör és jelenségkör megbeszélésére, így például a fénycsövek működési elvére, a vonalas színekpre, a színekpelemzésre, a Nap színekének vizsgálatára stb., természetesen a jelen lévő diákokelőzetes ismereteinek, életkori sajátosságainak, absztrakciós képességének megfelelő szinten és mélységben.
- Felhívhatjuk a diákok figyelmét, hogy a CD felülete is optikai rácsként viselkedik (lézermutatóval szemléltethető) és egy dobozból akár CD-spektroszkóp is készíthető. <https://pilath.wordpress.com/spektroszkop-cd-bol/>

Technikai kiegészítés: -

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A fizikai optika, így az optikai rács működésének bemutatása természetesen nem része az általános iskolai anyagnak. Mégis, az optikával kapcsolatos ismeretek bővítésére, kiegészítésére érdemes a jelenséggel és a spektroszkóppal foglalkozni.

72. FÉNYSIMOGATÁS

Az RGB-ledes optikai szálak hangulatlámpa vizsgálata.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- A teljes visszaverődés mint a fénytörés határeset
- RGB színeképzés

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet, majd a diákok is végezhetik

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• RGB-ledes optikai szálak lámpa	• 2 db AA elem

A kísérlet kivitelezése:

Ha bekapcsoljuk a lámpát, a damilos optikai szálak vége világít, de a szálakat oldalról nézve egyikben sem látszik fény.

Technikai javaslat:

Kellően sötétített teremben végezzük.

A damilszál köteg kihúzható a lámpatestből, így könnyebb csomagolni.

Variációk, fokozatok:

Ha van optikai kábel vagy üvegrúd is, érdemes közreadni, és mobil ledjével belevilágítani az egyik végébe.

Analógia:

- Szivárvány és délibáb mint légköroptikai jelenség, vizesnek látszó úttest, orvosi endoszkóp, internetes optikai kábel.
- RGB színeképzés történik többek között a mobil/TV/projektorok képernyőjén is.

Technikai kiegészítés: -

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- Uthalhatunk az informatikában használatos RGB kódokra, amelyek a vörös-zöld-kék arányokat adja meg.
- A teljes visszaverődésnek csak az egyszerűsített alapjait kell elmondani: A fény túl laposan érkezik a damil/rúd falához, így nem lép ki a levegőbe, hanem „végigpattog” benne.

73. UV-FÉNY

UV fényben meglepően sok új látvány lehet.

A kísérlet bemutatásának célja, tanulsága:

- Az UV fény hatása bizonyos anyagokra
- gerjesztés bemutatása

A kísérlet formája: tanári bemutató kísérlet, majd a diákok is végezhetik

Szükséges eszközök:	Szükséges anyagok:
• UV-ledes zseblámpa • üvegpoharak (átlátszó, sima falú)	• lehetőség szerint az alábbiakból néhány: bankjegyek, B2 vitamin tartalmú ételek és italok (pl. pezsgőtablettás multivitamin oldat, vaj, puding, tonic üdítő), vadgesztenye falevél, fluoreszkáló ruha, foszforeszkáló felület

A kísérlet kivitelezése:

Ha bekapcsoljuk az UV lámpát, egyes anyagok molekulái gerjesztődnek a nagy energia hatására, ezért a valóstól teljesen eltérő színűnek látjuk őket.

- *tonic*: színtelenből türkizkéken világít, saját fénnel
- *pezsgőtablettás multivitamin oldat*: narancssárgából neonzöld lesz
- *vadgesztenye levél vízben*: kiázik belőle a türkizkék aesculin
- *papírpénzek*: biztonsági szálak, feliratok, rajzolatok tűnnek elő
- *ruhadarabok*: cipőfűző, ruha minta, gomb, karkötő stb. neonfényű
- *foszforeszkáló felület*: hosszan utánvilágít
- *emberi fog*: neonosan világít egyes emberek foga

Technikai javaslat:

Kellően sötétített teremben végezzük! A diákok még árnyékolhatnak is.

Variációk, fokozatok:

A felsoroltakból legalább kettőt érdemes elvégezni.

Analógia:

Az UV hatással van a bőrünkre (leégés, barnulás) és a szemünkre is (gyulladás).

Technikai kiegészítés: -

Tippek és trükkök, módszertani megjegyzések:

- A foszforeszkálás hosszú idejű lecsengés, a fluoreszkálás szinte azonnal megszűnő gerjesztett állapotot jelent. Tehát csak a lecsengési időben van eltérés. Az összefoglaló nevük a lumineszkálás.

Tartalomjegyzék

Előszó a Kézikönyv második változatához	3
Bevezető	4
Általános gondolatok a kísérletek elvégzéséhez	5
Kísérletek listája és rövid ismertetésük	6
A kísérletek összeválogatásának szempontjai	18
Balesetvédelmi, biztonsági szabályok	19
Javaslatok szervezési körülményekre	21
Módszertani jellegű kommunikációs javaslatok	22
KÍSÉRLETLEÍRÁSOK	23
1. KÍSÉRLETSOR: MOZGÁSOK ÉS ERŐHATÁSOK	24
1. A szabadesés vizsgálata	25
2. Nem lehetetlen a tehetetlenség!	27
3. Felfelé mászó pénzérme	29
4. Papírrepülő helyett papírhenger	31
5. Súrlódás rizzsel és üveggolyókkal	33
6. Légpárnás CD	35
7. Egymásba lapolt könyvek és rugós erőmérő széthúzása	37
8. Tolható és húzható kötél	39
9. Egyensúlyozó szögek, villák, kalapács	40
10. Felfordított vizesvödör	42
2. KÍSÉRLETSOR: REZGÉSEK, HULLÁMOK, HANGOK	43
11. Pohár-telefon	44
12. A hangvilla fizikája	45
13. Zenélő pörgetett cső	46
14. Szívószálduda	48
15. Láthatóvá tesszük a hullámokat	50
16. A zenélő talpaspohár	52
3. KÍSÉRLETSOR: HIDROSZTATIKA ÉS ÁRAMLÁSTAN	54
17. Konzervdoboz-ágyú	55
18. Az elfújhatatlan ping-pong labda	57
19. Segner-helikopter	59
20. A „semmi” öntögetése	60
21. Vízszippantás és tálcaemelés	62
22. Amikor nem folyik ki a víz	64
23. Poháremelés lufival	66
24. Sörösdoboz-roppantás	67

25. Léctörés újságpapírral és a tapadókorong	69
26. Milyen nagy a légnyomás?	71
27. Vízben is terjed a nyomás?	72
28. Víz tornádó	73
29. Cartesius-búvár	75
30. Pumpás PET-rakéta	77
31. Kiömlés lyukakon	79
4. KÍSÉRLETSOR: FELÜLETI FESZÜLTSG	80
32. Navigáló parafadugó	81
33. Hány vízcsepp fér el egy ötforintoson?	83
34. Pénz kerül a kártyára	84
35. Harisnyás PET	86
36. Hordozható vízcsap	87
5. KÍSÉRLETSOR: HŐTAN	88
37. Forró de mégsem	89
38. Alkoholrakéta	91
39. Hidegen is forr(ó)	93
40. Hőtágulás-műszerek – Emeltyűs pirométer	95
41. Táncoló kupak	96
42. Hőlégballon	97
43. Meglepő hőtágulás	98
6. KÍSÉRLETSOR: ELEKTROMOSSÁG	99
44. Elektromos vonzás és taszítás	100
45. Víz sugár elhajlítása	101
46. Elektroszkópok	102
47. Faraday-kalitka	104
48. Guruló alupalack	105
49. Lufi a falon	106
50. Elektrolízis elemmel	107
7. KÍSÉRLETSOR: MÁGNESESSÉG	108
51. Mágneses vonzás és taszítás	109
52. Mágneses lebegtetés	111
53. Rúdmágnes terének szemléltetése vasreszelékkel	112
54. Mágneses gyufafejek	113
8. KÍSÉRLETSOR: ELEKTROMOSSÁG ÉS MÁGNESESSÉG KAPCSOLATA	114
55. A csengő működése	115
56. Mozgási indukció	116
57. Lenz törvénye	117

58. A villanymotor	119
59. Fénnyel hang átvitele	120
9. KÍSÉRLETSOR: OPTIKAI JELENSÉGEK	122
60. Láthatóvá válik a fény útja	123
61. Merre megy a fény? – Tükröződés	125
62. Merre megy a fény? – Fénytörés	127
63. Optikai csalódás? Vagy csak látszólag? – Valódi kép homorú tükörrel	128
64. Optikai csalódás? Vagy csak látszólag? – Megforduló nyíl	129
65. Optikai csalódás? Vagy csak látszólag? – Ott a képe!	130
66. Fénytörés katedrálüveggel	132
67. Játék a színekkel – Prizma	133
68. Játék a színekkel – Színszűrők	134
69. Kísérletek polárszűrőkkel	135
70. Lángfestés	137
71. Színfelbontás másképp	139
72. Fénysimogatás	140
73. UV-fény	141
Tartalomjegyzék	142
A Fizika Mobillabor megvalósulásának támogatói	145



A Fizika Mobillabor megvalósulásának támogatói:

Semilab Félvezető Laboratóriumi Zrt.



Meló-Diák Taneszközcentrum Kft.



Balázs-Diák Kft.

