

fizikai szemle

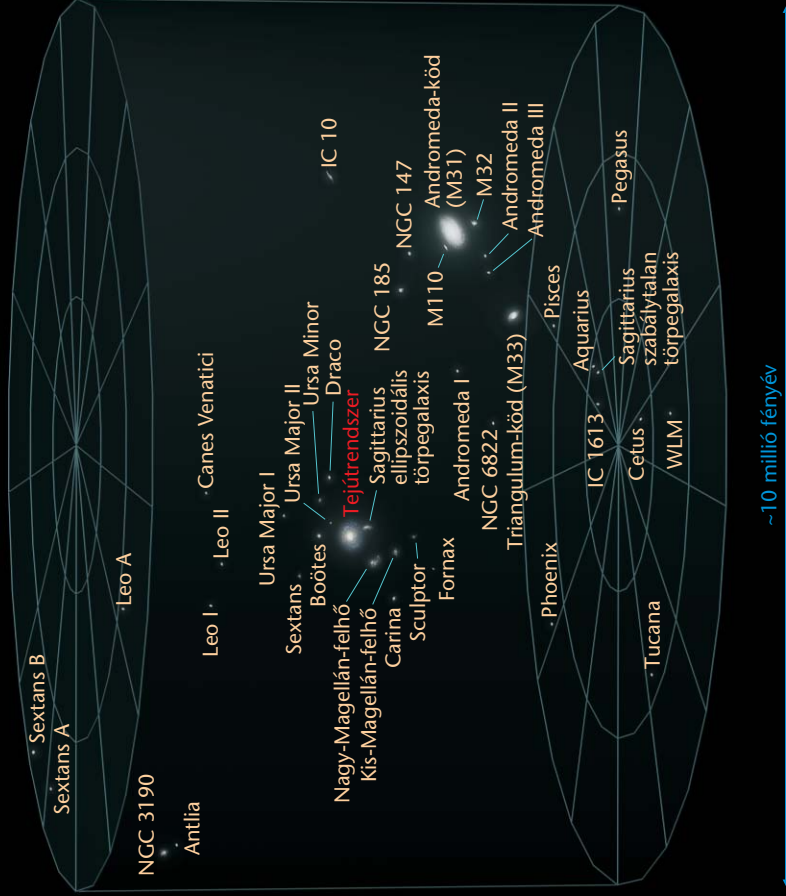


2014/3

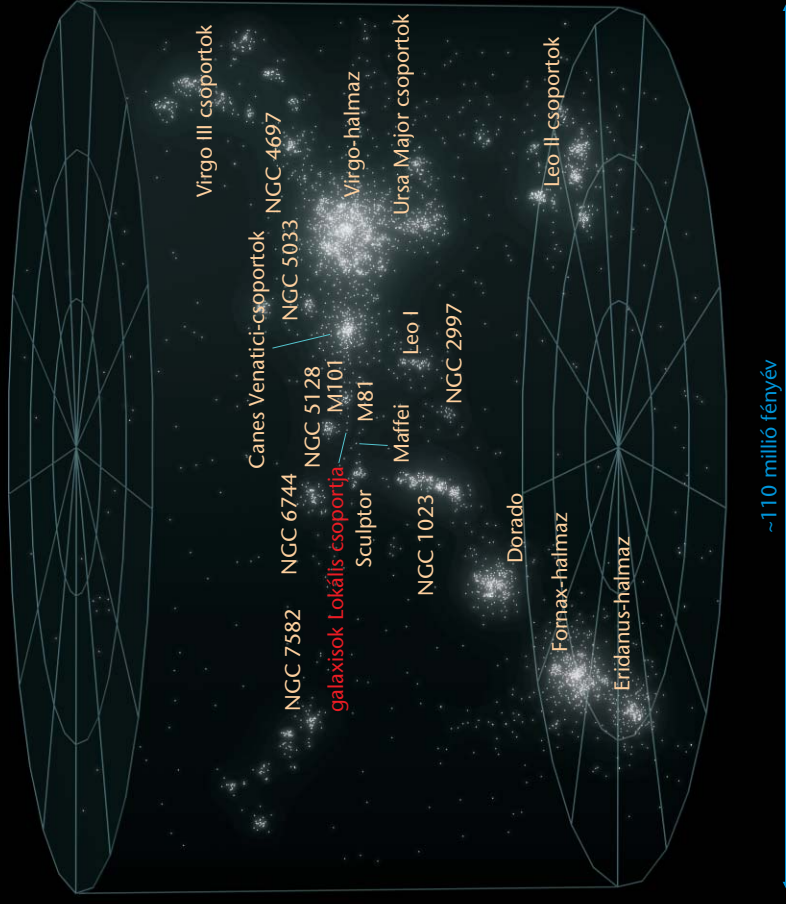
nka

HELYÜNK A VILÁGEGYETEMEN – III. rész

A galaxisok Lokális csoportja



Virgo-szuperhalmaz



**Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat
havonta megjelenő folyóirata.
Támogatók: a Magyar Tudományos
Akadémia Fizikai Tudományok Osztálya,
az Emberi Erőforrások Minisztériuma,
a Magyar Biofizikai Társaság,
a Magyar Nukleáris Társaság
és a Magyar Fizikushallgatók Egyesülete**

Főszerkesztő:

Szatmáry Zoltán

Szerkesztőbizottság:

**Bencze Gyula, Czitrovsky Aladár, Faigel
Gyula, Gyulai József, Horváth Gábor,
Horváth Dezső, Iglói Ferenc, Kiss Ádám,
Lendvai János, Németh Judit, Ormos Pál,
Papp Katalin, Simon Péter, Sükösd Csaba,
Szabados László, Szabó Gábor,
Trócsányi Zoltán, Turiné Frank Zsuzsa,
Ujvári Sándor**

Szerkesztő:

Füstöss László

Műszaki szerkesztő:

Kármán Tamás

E lapszámot összeállította:

Ujvári Sándor

A folyóirat e-mail címe:

szerkesztok@fizikaiszemle.hu

A lapba szánt írásokat erre a címre kérjük.

A folyóirat honlapja:

http://www.fizikaiszemle.hu



A címlapon:

**„Brutális fizika” a berekfürdői strandon.
(Fotó: Hártnlein Károly György)**

A FIZIKA TANÍTÁSA

| | |
|---|-----|
| Előszó (Lévainé Kovács Róza, Mester András) | 74 |
| Molnár Milán, Papp Katalin: Természettudományos nevelés kisgyermekkorban | 74 |
| Tasi Zoltánné: Öveges-idézés Üllésen | 79 |
| Zátonyi Sándor: Díjazott kísérleteim | 84 |
| Simon Péter: Az Euler-féle szám vizsgálata | 90 |
| Jendrék Miklós: Hátha jó lesz még valamire | 95 |
| Medvegy Tibor: Okostelefonok a fizikaoktatásban | 97 |
| Piláth Károly: A SONS 2013-ról hoztam | 102 |
| Vida József: Az egri Varázstorony programjaiból | 106 |

VÉLEMÉNYEK

| | |
|---|-----|
| Woynarovich Ferenc: Gondolatok a „modell” fogalom használatáról | 103 |
|---|-----|

TEACHING PHYSICS

| | |
|---|--|
| Preface (R. Lévai-Kovács, A. Mester) | |
| M. Molnár, K. Papp: Scientific education in the early infancy | |
| Z. Tasi: J. Öveges, quoted in the Üllés school | |
| S. Zátonyi: My awarded demonstration experiments | |
| P. Simon: An examination of the Euler number e | |
| M. Jendrék: Perhaps we shall find an application for it | |
| T. Medvegy: Smart phones in the teaching of physics | |
| K. Piláth: Brought from the SONS 2013 series | |
| J. Vida: Some programs of the “Magic Tower” at Eger, Hungary | |

OPINIONS

| | |
|--|--|
| F. Woynarovich: Meditation on the use of the “model” concept | |
|--|--|

PHYSIKUNTERRICHT

| | |
|--|--|
| Vorwort (R. Lévai-Kovács, A. Mester) | |
| M. Molnár, K. Papp: Naturwissenschaftliche Erziehung im frühen Kindesalter | |
| Z. Tasi: J. Öveges, in der Schule von Üllés zitiert | |
| S. Zátonyi: Meine ausgezeichneten Demonstrationsexperimente | |
| P. Simon: Eine Untersuchung der Eulerschen Zahl e | |
| M. Jendrék: Vielleicht finden wir eine Anwendung dafür | |
| T. Medvegy: Smartphone im Physikunterricht | |
| K. Piláth: Aus der Reihe SONS 2013 mitgebracht | |
| J. Vida: Einige Programme des „Zauberturms“ in Eger, Ungarn | |

MEINUNGSÄUSSERUNGEN

| | |
|---|--|
| F. Woynarovich: Über den Gebrauch des Begriffs „Modell“ | |
|---|--|

ОБУЧЕНИЕ ФИЗИКЕ

| | |
|---|--|
| Предисловие (Р. Левай-Ковач, А. Местер) | |
| М. Молнар, К. Пал: Естественно-научное воспитание с малодетства | |
| З. Таси: Цитирование Й. Эвегеша в нашей школе | |
| Ш. Затони: Мои награжденные демонстрационные эксперименты | |
| П. Шилои: Исследование числа Ойлера e | |
| М. Ендрек: Может быть, скажется полезным... | |
| Т. Медведь: Смартфон в обучении физике | |
| К. Пилат: Доставлено из SONS 2013 | |
| Й. Вида: Из программ волшебной башни в г. Эгер | |

ЛИЧНЫЕ МНЕНИЯ

| | |
|---|--|
| Ф. Вуйнарлович: Размышление о воспользовании понятии «модель» | |
|---|--|



ELŐSZÓ

Napjainkban – több más országhoz hasonlóan – hazánkban is csökken a fizika tantárgy népszerűsége, ugyanakkor a műszaki fejlődés jelentősen felgyorsult, amelynek fenntartásához igény van a fizikát jól ismerő szakemberekre. Az ellentmondás feloldásához elengedhetetlen a fizikaoktatás hatékonyságának növelése és ehhez szükség van a tanárok megfelelő tájékoztatására, az új oktatási módszerek, szakmai eredmények bemutatására. Ezen dolgozik az Eötvös Loránd Fizikai Társulat és ez a felismerés vezérelte a *Fizikai Szemle* szerkesztőit is, akik mindig nagy gondot fordítottak a fizika tanítását segítő anyagok közlésére.

Egy-egy jelesebb esemény alkalmából sok folyóirat ad ki különszámot. Ilyen volt a *Fizikai Szemle* történetében is, de olyan még nem, hogy a fizikatanári ankét alkalmából jelenjen meg egy szám, amelyik kifejezetten a fizikatanítással foglalkozik. E kiadvány ötlete a 2013. évi székesfehérvári ankéton fogalmazódott meg. A tanári szakcsoportok felhívására sok kézirat érkezett. Ezen előkészítő munka eredményét tartják kezükben az olvasók.

Köszönjük a szerzők és a szerkesztők áldozatkészégét, eredményes munkáját.

2014. február

Lévainé Kovács Róza, Mester András

TERMÉSZETTUDOMÁNYOS NEVELÉS KISGYERMEKKORBAN – egy példa Szegedről

Molnár Milán, Papp Katalin
Szegedi Tudományegyetem

Minél előbb, annál jobb!

Ezt javasolja többek között a *Rocard jelentés*,¹ amely az Európai Bizottság megbízásából az európai természettudományos képzés vizsgálatára létrejött kutatócsoport ajánlásait fogalmazza meg. A jelentés szerint „a természettudományos beállítódás egyik fontos állomása a kisgyermekkor, amely a későbbi beállítódásra is nagy hatással van. A természettudományos tapasztalatszerzés kezdetekor a kisgyermek még tele van ösztönös kíváncsisággal, felfedezési vágygal, amelyet az iskolai oktatás során megtanulnak elfojtani, és később, a természettudományos ismeretek iskolai elsajátításakor ez felelős a negatív viszonyulásért is”.

Napjaink közoktatásában a legkomolyabb kihívásokkal a természettudományos oktatás néz szembe. Ez egyértelműen kiderül számos hazai és nemzetközi vizsgálat eredményéből. Különösen igaz ez a fizika és kémia tantárgyra. A tanulók nem rendelkeznek kellő motivációval ahhoz, hogy e tantárgyokhoz kapcsolódó ismeretanyagot optimális szinten elsajátítsák, illetve, hogy fejlesszék a fontos készségeiket, képességeiket. Az empirikus vizsgálatok eredményei is mutatják: a természettudományos érdeklődés elvesztésének egyik fő oka az iskola oktatás módszereinek minőségében keresendő. Jóllehet a pedagógusok nagy része

mára már egyetért abban, hogy a kísérletalapú tanulási folyamatok hatékonyabbak, sajnos a tanítási órák valósága azonban mást mutat Európa legtöbb országában, így nálunk is. Az életkorhoz alkalmazkodó tudásátadási módszer, stratégia megválasztásával tudjuk a kedvezőtlen tendenciát, a reáliák kedvezőtlen tanulói (és társadalmi) attitűdjét megfordítani. Különösen az általános iskolai természettudományos tananyag közvetítésének módszerei döntőek a jövőre nézve. Az általános iskola az a hely, ahol a gyerekek ösztönös kíváncsiságát felhasználva biztos és motivált természettudományos érdeklődés fejleszhető ki, illetve a meglévő kedvező attitűd felerősíthető. Külföldön is egyre több mozgalom, kezdeményezés indult abból a célból, hogy a gyerekek kisgyermekkorban kapcsolatba kerüljenek a természettudománnyal.

Külföldi példák

A nemzetközi módszertani szakirodalomból látszik, hogy külföldön már felismerték: *a természettudományos nevelés nem a közoktatás felsőbb osztályainak privilégiuma!*

Rövid távon is kiválóan működő módszert dolgoztak ki Franciaországban. A *La main à la pâte*² prog-

¹ <http://ec.europa.eu/research/science-society>, <http://www.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz0710/csermely0710.html>

² A kifejezés szó szerinti jelentése: kéz a gyurmában, ami az angol hands-on – aktív részvétel, gyakorlatias – kifejezésnek felel meg.

ram keretében *Samuel Lellouch* és *David Jasmin* egyetemi hallgatókat küldött az általános iskolákba, hogy segítsék a tanítók munkáját.³ A projektet 1996-ban indították, azóta 1500-2000 műszaki, illetve természettudomány-szakos hallgató vett részt benne, és több mint 20 ország csatlakozott a kezdeményezéshez. A projekt lényege, hogy a kérdezésen, vizsgálódáson alapuló természettudomány-tanítási stratégiát 3–11 éves gyerekek között alkalmazzák. A kérdezés, a sok egyéni és csoportos aktivitás felkelti és megtartja a gyermekek figyelmét, hiszen csupa érdekes, és főleg saját maguk által megvizsgálható, kipróbálható jelenséggel foglalkoznak.

Szintén egyetemisták segítségével építve szervezik Németországban a kisiskolásokkal és óvodásokkal foglalkozó természettudományos nevelési programot. A különbség az, hogy felismerték, nem csak egyetemisták, hanem felkészített középiskolások is bekapcsolódhatnak a foglalkozások tartásába. A középiskolásoknak és tanáraiknak is nagyon hasznos ez, hiszen ha valaki az általa megtanultakat továbbadja, saját szavaival újrafogalmazza, akkor tudása letisztultabb lesz. A gyerekeknek pedig azért hasznos ez a forma, mert a diákok nem csak korban, de gondolkodásban is közelebb állnak a kisiskolásokhoz, mint bármelyik tanár. Ezért nagyon hatékony a különböző szintű oktatási intézmények közötti kooperáció.⁴

Hasonló kezdeményezés a szintén Franciaországból újtára indult Pollen projekt, amely lényegében az úgynevezett magvárosok hálózatát jelenti. Egy-egy ilyen magvárosban kiépítenek egy teljes közösségi összefogást, amelynek része a városháza, a művelődési ház, a gimnázium, az egyetem, kutatóintézet, ha van a térségben, egyszóval minden olyan közösség, amely a maga eszközeivel segíti az általános iskolai természettudományos képzést. A magvárosokhoz csatlakozhatnak más települések és iskolák, ezek szintén megkapnak minden, a Pollen keretei közé belépetteknek járó segítséget. Rendelkezésre állnak tanítást segítő eszközök, elméleti anyagok, tantervek. A Pollen rendszeresen szervez továbbképzéseket és folyamatosan méri a munka hatékonyságát. Magyarországot magvárosként Vác képviseli a programban.⁵

Szegedi példa

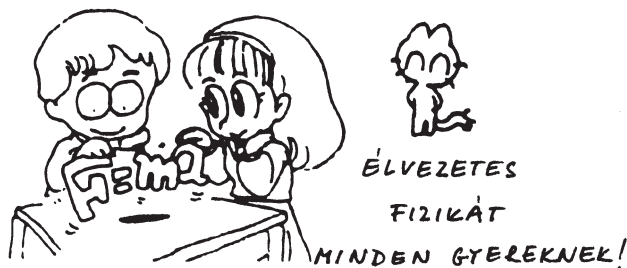
Programunk kapcsolódik az MTA Képességfejlesztési Kutatócsoport (SZTE, Neveléstudományi Intézet) kutatási témájához, amelynek keretében vizsgálják a természettudományok tanulásának feltételeit, a természettudományos gondolkodás és fogalmak fejlődését, a természettudományoktól való elfordulás kezdeteinek megtalálását, okainak feltárását.

A *Játsszunk tudományt!* névvel 2010-ben elkezdett programunk a 6–10 éves korosztályt célozza meg,

³ <http://www.scienceinschool.org/2009/issue11/pollen/hungarian>

⁴ <http://www.think-ing.de/index.php?node=1218>

⁵ <http://www.cienciaviva.pt/projectos/pollen/pollen2.pdf>



A Kóbor macskák is tudják...

iskolától független helyszínen, a Szent-Györgyi Albert Agórában (korábban Százszorszép Gyermekeház). Az általunk kifejlesztett, hosszú évek módszertani, pedagógiai tapasztalatait fölhasználó aktivitások célja a *természettudományos gondolkodás fejlesztése az életkorhoz igazodó, közvetlen tapasztalatszerzésen alapuló módszerekkel, kísérletekkel balesetmentes, egyszerű, hétköznapi tárgyakat alkalmazó környezetben*. Programunk jelenleg három fő formában működik: *szakköri* foglalkozások heti rendszerességgel (már túl vagyunk 150 alkalmon, néha két korcsoportba osztva, több mint 100 gyermek részvételével), a nyári *táborok* (egy hetesek, néha két turnus is, körülbelül 150 gyermek részvételével) és úgynevezett „kiajánlott” *bemutató foglalkozások*, óvodás csoportoknak, iskolai osztályoknak.

Szakkörök

A *szakkörök* célja, hogy a gyerekek hetente másfél órát a tudománnyal való megismerkedéssel, tudományos módszerekkel történő tapasztalatszerzéssel töltsenek. A foglalkozások tematikusan felépítettek, meghatározott rendszer szerint zajlanak, de ezt a rendszert inkább csak támpontnak, mint szigorú törvénynek használjuk. Minden szakköri foglalkozás esetén a legfontosabb, hogy támogassuk az önálló kísérletezést, szabad teret adjunk a kreativitásnak és a képzeteknek. Természetesen érzékeny határmezsgyén egyensúlyozunk ezzel, hiszen nem cél a szabad játék sem. A gyerekek minden esetben az általunk megtervezett kísérleteket végzik el, szabadságuk mindössze az ezzel kapcsolatos egyéb ötleteik megvalósulására korlátozódik. Viszont a kísérletekkel kapcsolatos minden fejlesztő, újjító vagy egyszerűen csak kíváncsi javaslat teret kap, hiszen nagyon fontos alapelvünk, hogy nem hagyunk megválaszolatlan kérdést. Rendszeresen előfordul, hogy egy kísérlet kapcsán felmerül: „de mi lenne, ha ezt inkább úgy csinálnánk?”. Ekkor a mi válaszuk kevés kivételtől eltekintve – akkor is, ha tudjuk a választ –, hogy „Próbáljuk ki!”. Az ilyen – tanult fővel akár teljesen értelmetlennek látszó – kísérletekre soha nem szabad sajnálni az időt. Ezért írtuk korábban, hogy az előre megálmodott rendszer csak támpont. Gyakran előfordul, hogy ahhoz a kísérlet mennyiséghez, amit egy foglalkozásra terveztünk, akár három-négy alkalomra is szükség van. Hiszen ebben rejlik az ilyen foglalkozások óriási előnye a közoktatási tanórákkal szemben. Tőlünk



egypólusú motor



szivárvány-néző



újra-papír készítése



áramkörök vizsgálata...



és „jegyzőkönyve”



világít a maci orra



gyümölcselem



egy kis kémia



potométer⁶ tanulmányozása

senki nem fogja számon kérni, hogy miért nem „játsoztunk” idén a gyerekekkel például elektromosságot. Hiszen itt nem a konkrét tematika teljesítése a lényeg, hanem az, hogy a gyerekek ismerjék meg a természettudományos vizsgálódás módszereit, idejük egy részét játékos kísérletezéssel töltsék, és közben személyiségükben formálódjanak. Ezekkel a foglalkozásokkal megakadályozzuk, hogy elfojsák természetes kíváncsiságukat, olyan erős érzelmet ébresztünk bennük a természet megismerése iránt, amit hitünk szerint később sem fognak elveszíteni. Ez a hipotézisünk, igazolásához még időre van szükség, hiszen a gyerekek nagy része, akik az első szakköreinken vettek részt, még nem tanul diszciplináris természettudományt az iskolában.

A szakköri kísérletek egy részét közösen (például tüdőkapacitás mérés, újra-papír készítése, ...), más részét csoportosan vagy egyénileg végzik a gyerekek (például a víz tulajdonságainak megfigyelése, áramkörök vizsgálata, ...). A konstrukciós feladatoknál a

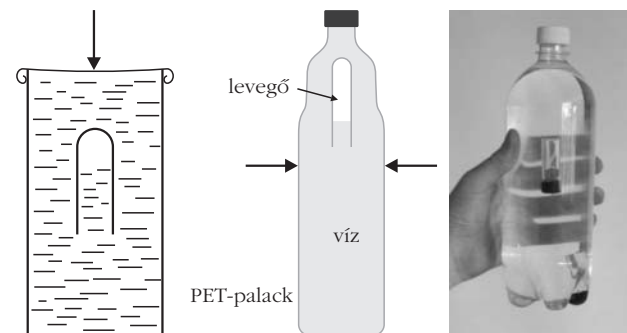
cél valamilyen „produktum” (például: zeneszerszám, Cartesius-búvár, szivárvány-néző) készítése. Mérés kísérleteknél például a gumicukor megnyúlását, az elforralt víz mennyiségét mérjük meg. Az egyszerű, hétköznapi tárgyakat balesetmentes környezetben alkalmazó, az életkorhoz igazodó időbeosztással zajló foglalkozások technikai háttérét többek között a Siemens *Felfedező lehetsz!* eszközkészlete és a szakkör-vezető „magángyűjteménye” biztosítja.

Tematika (részlet)

Anyagok körülöttünk (a víz tulajdonságai, úszás, merülés, folyadékok tulajdonságai, sűrűség – Cartesius-búvár, sűrűségmérő készítése)

Feszül a vízfelület, vékonyrétegek tulajdonságai, körömlakk-szivárvány

⁶ A potométer a növények párologtatási sebességének mérésére szolgál azon elv alapján, hogy méri a növény által adott idő alatt elfogyasztott vizet.



A Cartesius-búvár elve és megvalósítása.

Folyadékok tulajdonságai, viszkozitás, oldatok készítése, oldott anyag kiválasztása, víztisztítás

Szilárd anyagok, kristályok megfigyelése, jód szublimációja

Hang, hanghullámok, hangkeltés, hangérzékelés Rakétát készítünk!

Szilárd anyag rugalmassága, gumicukor megnyúlásának mérése

Dörzsöléses kísérletek, elektroszkóp készítése

Zárt áramkör összeállítása, vezető, szigetelő anyagok, fekete doboz vizsgálata

Áramkör a maciban, nyusziban, „bogár-szenzor”

Oldatok áramvezetése, gyümölcselem előállítása

Játék a fényvel: visszaverődés, törés

Nagyítás, mikroszkóp készítése

Szívárványnéző készítése

Újra-papír, kémhatás, vöröskáposzta indikátor ...

A titkosírás receptjei

Mágneses alapjelenségek, elektromágnes

Egypólusú motor készítése

Nyári táborok

A *nyári táborok* sokban hasonlítanak a szakköri foglalkozásokra, de a táborban sokkal több idő áll rendelkezésre, vagyis kényelmesebben elidőzhetünk egy-egy részproblémánál. Az alapelvek azonosak, sőt a több idő miatt az egyéni kreativitásnak, ha lehet, még több teret tudunk biztosítani. Hasonló a foglalkozások felépítése is. Mind a szakköri alkalmakkor, mind a táboros napok kezdetén a gyerekek lehetőséget kapnak a természettudományos elveket, törvényeket alkalmazó játékszerekkel történő szabad játékra. Ez kellemes alaphangulatot segít teremteni, amely meghatározza a későbbi hozzáállásukat. A játékok remek segítséget nyújtanak abban, hogy megmutassuk a tudomány mennyire egyszerűen van jelen mindennapjainkban, leggyorsabb tárgyainkban. A témakörök bevezetéséhez előszeretettel használunk mesefilmeket. Kis kutatással könnyedén található olyan rajzfilmek, amelyek tudó-



Nyári tábor: előadástól a játékig.

mányt tartalmaznak és nagy segítséget nyújthatnak bizonyos jelenségek megértésében.

A következőkben négy kísérlet-példát mutatunk be.

A tengeralattjárók titka: a Cartesius-búvár

Próbáld a víz felszínén lebegő tárgyakat az edény aljára „kényszeríteni”!

Ha kicsiny fiolába megfelelő mennyiségű vizet juttatunk, akkor nyomás hatására elmerül a henger vizében, mert a megnövelt nyomás a benne lévő levegőt összenyomja, így a búvár átlagsűrűsége nagyobb lesz, mint a vízé. A túlnyomást megszüntetve a búvár ismét a felszínre emelkedik, mert a kitáguló levegő az átlagos sűrűséget ismét lecsökkenti. Próbáld búvárt készíteni szemcseppentő, pipetta, tollkupak, szívószál, világító úszó felhasználásával!

Körömlakkszívárvány

Egy edénybe önts vizet és az aljára fektess egy fekete kartonlapot! Cseppents színtelen körömlakkot a vízbe (a víz felszínéhez nagyon közelről)! A körömlakk vékony, kör alakú bevonatot képez majd a víz felszínén, ami néhány perc várakozás után a szélekről kiindulva kezd megszáradni. Ekkor óvatosan emeld ki a kartonlapot, ügyelve arra, hogy a vékony körömlakkréteg a papírra ragadjon és rajta is maradjon! Hagyd megszáradni az átázott papírt! Mit tapasztalsz és mi a látottak magyarázata?

A fenti jelenség miatt láthatod színesnek a szennyezett tócsákat is. A víznél kisebb sűrűségű olaj vékony rétegben, nagy felületen terül szét a pocsolyák felszínén, és elzárja a vizek élővilágát a levegőtől.

Szendvicsduda

A két tenyerünk közé fogott falevél vagy selyempapír megfújásával kapott hanghoz hasonlóan állíthatunk elő hangszert két torokvizsgáló lapka (vagy kemény kartonpapírból kivágott forma) közé rögzített vastag gumigyűrű (úgynevezett postás gumi) segítségével. Az egyik lapkára hosszirányba húzzuk rá a széles gumigyűrűt, a két lapka közé távtartónak tegyünk szívószáldarabot és rögzítsük a másik lapkát két kicsiny gumigyűrűvel. A két lapka közé levegőt fújva szólaltathatjuk meg a hangszert, a kapott jellegzetes hang magasságát a széles gumi feszítettségével és a távtartó szívószálak helyzetével tudjuk változtatni.



A szendvicsduda és a kis „művészek”.

Mérő kísérlet

Egy vastagabb, közepén tűvel átszúrt, alátámasztott szívószáלבól, fém kiskanalából (ezek a serpenyők) készíthetünk mérleget, amelynél például rizsszemeket használhatunk súlysorozatnak az egyik oldalon, a másik oldalra például 10 csepp vizet helyezve, méccsessel alágújtva meghatározhatjuk az elforralt víz mennyiségét. Ugyanezzel a módszerrel például só- és cukoroldat tulajdonságai is tanulmányozhatók.

Mérések a szívószál-mérleggel...



Bemutató (ajánlott) foglalkozások

Ajánlott foglalkozásaink sokban különböznek az eddig bemutatottaktól. Itt egy iskolai osztály látogat el hozzánk (vagy települünk ki hozzájuk), és vesz részt egy előre egyeztetett témájú és hosszúságú foglalkozáson. Ilyen alkalommal egy – előre jól felépített – programot viszünk végig, amiben kísérleteink segítségével vizsgálunk egy jelenséget, építjük fel a megértés folyamatát. Ekkor viszonylag kevés terep jut az egyéni kíváncsiságnak, nincs idő az egyéni gondolatokat kipróbálni. A hangvétel is teljesen más egy olyan közösségben, amellyel először találkozik a foglalkozás vezetője. Az ilyen foglalkozások nagy előnye, hogy sok gyerekhez juthat el a program. Csúpn ízelítőt tudunk kínálni, de ez is olyan élményt adhat, amelynek hatása lesz a későbbiekre. Az osztályt tanító pedagógus, aki részt vesz a foglalkozáson, később saját munkája során fel tudja használni az itt szerzett élményeket.

A bemutató foglalkozások témái az alábbiak:

Az a csodálatos szívószál

A szívószál ideális eszköz sok jelenség természetudományos törvényszerűségeinek bemutatására. Például dörzsöléssel az elektromos töltések, fújással az áramlások tanulmányozhatók, de készíthetünk belőle rakétát vagy dudát is.

Hangszerek a „semmiből”

Sok hétköznapi tárgy alkalmas arra, hogy belőle „zeneszerszámot” készítsünk. Például műanyag csövek, szívószálak, vízzel töltött palackok, a kifeszített gumiszál egyaránt felhasználható hangkeltésre, sőt zenei dallamot is produkálnak.

A tengeralattjárók titka

Az úszás jelenségét vizsgáló foglalkozáson hétköznapi tárgyak (például fakocka) merülési tulajdonságait tanulmányozhatjuk és készíthetünk magunk szabályozta bűvárt is.

Feszül a vízfelület

A víz különleges tulajdonságát vizsgálhatjuk a felületére helyezett tárgyakkal, adalékanyagokat hozzáadva a változás látványos kísérletekkel tanulmányozható.

A mágnesek titka

A mágnesek láthatatlan „titkát”, a mágneses mező szerkezetét egyszerű kísérletekkel (például vasreszelék) tanulmányozhatjuk. Játékszerekkel végzett tapasztalatgyűjtés további tulajdonságok megismerését segíti.

Tudomány-népszerűsítés

Az aktivitásokkal gyakran túllépjük az eddig bemutatott formákat, és megjelenünk tudomány-népszerűsítő rendezvényeken. A Kiskutatók Éjszakája, a Gyermekkarácsony és Gyermeknap, a Tudomány a Plázában kísérleti bemutatóin rendszeresen résztvevő „szakkörös” gyerekek belekóstolnak a tudományos ismeretterjesztés munkájába is.

ÖVEGES-IDÉZÉS ÜLLÉSEN

– a Fontos Sándor Általános és Alapfokú Művészeti Iskolában

Tasi Zoltánné

matematika-fizika szakos tanár

A természettudományos élmények sorozata nélkül lehetetlen megváltoztatni a diákok fizikára vonatkozó gondolkodásmódját. Elsődleges kell legyen a diákok érdeklődésének felkeltése olyan kísérletek és más szemléltető anyagok összegyűjtésével, amelyekből kibontakozhat a megértő gondolkodás. A diákoknak „tenniük kell a fizikát, hogy kialakuljanak bennük a tudományos fogalmak. A diákok mondták: »A törvényszerűségeket keresni csodálatos élmény, amitől nagyobbnak érzem magam. ... Tenni szeretnék valamit! A jelenségek megértéséért szeretnék cselekedni.«¹

Az általános iskolában fizikát minimális óraszám-ban taníthatunk, így kísérletezésre szinte alig marad idő. Ezért kell minél több kiegészítő foglalkozást szervezni tanítványainknak, ahol a kísérletezés a főszerep. Természetesen ehhez meg kell nyerni az iskola-vezetést, hogy biztosítson szakköri órákat a foglalkozások lebonyolítására. Több évben önszorgalomból hetente szakköri foglalkozásokat tartottunk, majd minden év áprilisában az összegyűjtött kísérletekből válogatott bemutatóval zártuk a projektet. A környező iskolák is meglátogatták rendezvényünket. A fizikát kevésbé szerető diák is kivirult, gyártotta a kísérleti eszközöket – tette azt, amihez jobban értett – az osztály minden tagja részt vett a munkában. Az iskolavezetés is látta a sikert, így egy idő múltán felajánlottak a mindenkor 7. osztályban fizetett heti +2 fizika órát. Azóta iskolánkban ezt a tevékenységet minden évben

támogatják. Igyekezünk minden tanulót „megfertőzni” a fizikával, kémiával, bevonni valamilyen tevékenységbe. Néhány ötlet:

- Fizikai témájú rajzos fejtörők, rejtvények megjelentetése az iskolaújságban (folyamatosan), a helyes megfejtők jutalmazása.
- Beszélgetések, kötetlen formájú találkozók szervezése, érdekességek, játékos kísérletek: úrkutatás, terápiás és diagnosztikai módszerek az orvostudományban, lézerfizika stb.



¹ Kóbor macskák kísérletei. *Fizika Szemle* 43/6 (1993) 214.



- Kutatások (például fizikusok munkássága; érdekességek, rejtélyek a természetben stb.), amelynek eredménye prezentáció vagy egyéb dokumentum.
- Egyszerű, házilag elkészíthető eszközökkel kísérletek gyűjtése, a legjobbak bemutatása a *Kísérletezzünk!* rendezvénysorozaton.
- Fizikával kapcsolatos oktatási anyagok gyűjtése, felhasználása tanítási órákon vagy délutáni foglalkozások keretében.
 - Olyan rendezvény szervezése, amelyen bemutatásra kerülnek a társ-természettudományok; a kémia, a biológia és a geológia kapcsolata a fizikával.
 - Fizika a művészetek jegyében:
 - rajzpályázat, például humoros rajzok fizikusokról, fizikai jelenségekről;
 - fizikusok élete és munkássága – gyűjtőmunka;
 - régi kísérleti eszközök bemutatása.
 - Látogatás szervezése valamely országos rendezvényre, amely egyben a legaktívabbak jutalmazása is lehet. Például kirándulás a Jövő Házába, a Csodák Palotájába, az Elektrotechnikai Múzeumba, részvétel rendhagyó fizikaórán stb.
 - Az érdeklődő diákokkal minden évben ellátogatunk az SZTE Fizikus Tanszékcsoport *Karácsonyi Kísérletek* (ajándék „koncert” kis és nagy diákoknak) rendezvényére.
 - Három fős csoportokkal több évben eljutottunk a *Lang Ágota* által szervezett *Fizikatúrára*; részt veszünk az SZTE szervezésében a *Játszunk fizikát!* versenyen; A Lánczos Kornél-, a Jedlik-versenyen is képviselték iskolánkat diákok. Természetesen a leggygysebbeket az Öveges-versenyre és a Bor Pál-fizikaversenyre is nevezzük.

Számítsuk ki a Föld méretét!

A diákokkal először 2005. május 25-én mértük meg a Nap által vetett árnyék hajlásszögét. Fontos, hogy a mérést a Nap délvonalon való áthaladásakor végezzük, ami nem pontosan a karóránk által mutatott délben következik be! Pontos időpontja függ az időzónákon belüli helyzetünktől, ráadásul az év során egyéb hatások miatt is csúszik a valódi delelés időben előre és hátra, ezért valamilyen módszerrel ki kellett mérnünk, mikor jár a Nap legmagasabban a horizont

felett. Leszúrtunk egy, a földre merőleges, 1 m hosszú rudat, majd 5 percnként bejelöltük a földön a rúdárnyék végpontját. Mindezt már fél órával a vélt delelés előtt elkezdtük, és körülbelül fél órával tovább folytattuk. Az árnyék hosszának változását papíron ábrázolva egy szépen görbülő ív rajzolódott ki: a legrövidebb rúdárnyék mutatta a dél időpontját. Az árnyék ekkor lemért hosszából – a rúd hosszának ismeretében – számítottuk ki az árnyék hajlásszögét.

A mi iskolánkban 2005. május 25-én a Nap delelésakor $25,4^\circ$ volt a napsugarak beesési szöge. A gyerekek nagy élvezettel kísérték figyelemmel és mérték 5 percnként a bot árnyékát. Negyed 1-kor volt a legrövidebb az árnyék. Matematikaórán ebből szerkesztették meg a diákok a derékszögű háromszöget, és (általános iskolásként!) mérték a beesési szöget.

Ugyanazon a napon a Deutsche Schule Abu Dhabi-ban (www.gisad.ae/de/home) is elvégezték a mérést és elküldték nekünk az eredményt. Az Egyesült Arab Emírségek fővárosában a beesési szög deleléskor $3,3-3,5^\circ$ volt.

Ezután következett a számítás:

$$\frac{D}{C} = \frac{\alpha - \beta}{360^\circ},$$

ahol α a mért hajlásszög az üllési, β a mért hajlásszög az Abu Dhabi-i iskolában; D a két iskola szélességi körének távolsága kilométerben és C a Föld kerülete. Átrendezve és a számadatokat beírva $3,3^\circ$ esetén az egyenlítő hosszára $C = 39\,828$ km-t, míg $3,5^\circ$ értékkel $C = 40\,191$ km-t kaptunk.

A kísérlet előtt tanítványaimnak hihetetlennek tűnt, hogy pusztán árnyékok mérésével (és a földrajzi távolság ismeretében) meghatározhatjuk a Föld egyenlítőjének hosszát, de utána már nem kételkedtek. Ezt a mérést több évben is elvégeztük ezzel a partneriskolával.

Erdei iskolánkról

ahol ősszel egy-egy napot a fizikának szentelünk

Erdei iskolánk Üllés községtől 1,5 km-re található a volt tanyai iskola épületében. Saját tanösvényünk van, ahol az érdeklődők 8 állomáson követhetik végig a rét-legelő, a víz-vízpart, valamint a lápos vidék élővilágát.

Az erdei iskola sajátos, a környezet adottságaira építő nevelés- és tanulásszervezési egység. A szorgalmi időben megvalósuló, egybefüggően többnapos, a szervező oktatási intézmény székhelyétől különböző helyszínű tanulásszervezési mód, amelynek során a tanulás a tanulók aktív, cselekvő, kölcsönösségen alapuló együttműködésére és kommunikációjára épül. A tanítás tartalmilag és tantervileg egyaránt szoros és szervesen kapcsolódik a választott helyszín természeti, ember által létesített és szociokulturális környezetéhez. Kiemelkedő nevelési feladata a környezettel harmonikus, egészséges életvezetési képességek fejlesztése és a közösségi tevékenységekhez kötődő szocializáció.

Környezetünk értékeinek befogadása, problémáinak megértése aligha nélkülözheti a tantermen kívüli tanulást. Azaz nem elegendő, ha a valóságot, mint tananyagot visszük be a tanterembe. Tanításunk színterét kell olykor-olykor áthelyezni a környezet valóságába. A „szabad-ég iskolájában” azonban hamar meg tapasztalhatjuk, hogy mind tanítványaink, mind magunk kilépünk hagyományos iskolai szerepeinkből. Mássá válik az ismeret- és értékátadáshoz fűződő viszonyunk, megváltoznak a tanítási-tanulási helyzetek. Nem állítom, hogy könnyebben kezelhetővé válnának, ám kétség kívül izgalmasabb pedagógiai lehetőségek teremthetnek, mint a tábla, kréta és padok világában. Az erdei iskolai élet – legyen bár a tanítás tárgya a természet, a néprajzi, a történelmi környezet, vagy akár az emberek életmódja – mindig lehetőséget ad a tanulók környezethez fűződő értékrendjének, magatartásának alakítására. Ezeket a gondolatokat figyelembe véve szervezünk fizika-játsoházat az erdei iskolában kicsiknek és nagyoknak, ahol nyugodtan kísérletezhetnek, mérhetnek, kutathatnak szakkönyvekben a diákok, nem sűrges senkit a csengetés, a következő óra.

Kísérletezzünk!

A mindenkori 7. osztályos tanulói már a tanévkezdést követően gyűjtőmunkába fognak. Majd jön az eszközök készítése, kipróbálása. Nagyon emlékezetes, szép délutánokat töltöttünk-töltünk el a gyerekekkel. A nehezen kezelhető, egyébként a fizikát saját bevallása szerint nem szerető diák is örömmel vesz részt a munkában.

Rendezvényünk mottója: „Minden elvégzett kísérlet abban segít, hogy jobban megértsük a világot, amelyben élünk. Utánozzuk mi is a természetet! Műszerek, gyári készülékek nélkül, a háztartásban kéznél lévő anyagok, eszközök felhasználásával állítunk elő, értünk meg jelenségeket, törvényszerűségeket.” (Öveges József)

A projekt szakaszai

1. témaválasztás

Játékos fizikakísérletek, házilag elkészített eszközökkel. Így a kisebb csoportok próbálták témát, témakört keresni. Biztos vagyok benne, hogy hosszú távon azok a diákok is megszeretik a fizikát, akik csak tanórai keretben tanított tantárgy esetén nem sorolnák kedvenc tárgyaik közé. Felmérések igazolják, „a biológia tantárgy a legkedveltebb a természettudományos tárgyak közül, a kémia és a fizika lényegesen kisebb »népszerűségnek örvend«”.²

2. tervkészítés

Együtt, egyenrangúként terveztem a részt vevő gyerekekkel, és mint moderátornak arra kellett figyelniem, hogy minden gyerek megtalálja feladatát a mun-



kában. Az egyes gyerekek képességeihez, tapasztalathoz, kreativitásához idomuló munkát szerettem volna megvalósítani. Úgy gondolom, a kitűzött cél segítette tanítványaimat új nézőpontok felfedezésében, növelte egymás különbözőségével szembeni toleranciájukat. Ahhoz is hozzájárulhatott, hogy ki tudják választani, milyen személyes készségeket kell használniuk ahhoz, hogy eredményesen tudjanak dolgozni olyanokkal, akiknek más stílusuk, illetve preferenciáik vannak. Ezért célul tűztük ki, hogy minden 7. osztályos tanulót bevonunk a munkába.

3. adatgyűjtés

Történhet az iskolában és az iskola falain kívül is. Szerencsés, ha a gyerekek eddig ismeretlen helyeket keresnek fel és találnak meg interneten, szakkönyvekben, könyvtárban stb. A 30-40 diák 5 fős kisebb csoportokban kezdte el a munkát, miután kiválasztották a számukra legkedvesebb kísérleteket.

4. téma feldolgozása

Sokféle módon történhet, akár a hagyományos órakeretben, akár az iskola időkeretén túl. Nyilván ez utóbbi alkalmasabb a projektszervezésre, de nem lehetetlen az óra alatti feldolgozás sem, különösen, ha nincs lehetőség másra. Mi elsősorban közös délutánokat szerveztünk.

5. a termék, produktum összeállítása

Amint megszülettek az elgondolások, az első javaslatok, délutánonként megbeszéltük. A kísérleti eszközök elkészítése, kipróbálása volt a legfontosabb feladat. Majd következett a szükséges eszközök gyűjtése, hiányzók beszerzése. Leírások elemzése, eszközök összeállítása. Vajon működik-e? Ha nem, hol a hiba? Mit változtassunk? Sok-sok kérdés felmerült menetközben, amelyekre közösen igyekeztünk magyarázatot találni. Annál nagyobb öröm nem is lehetett, mint amikor végre működött a kísérlet. Felejthetetlen csillogó szempár jelezte a nevelőnek, hogy „nekem is sikerült, nekem, akinek szinte soha nincs sikere a tanulásban. Igazán nem is szeretek tanulni, de azért ezekre a délutánokra szívesen visszajártam.” Egy másik diák értékelő szavait idézve: „Én alig ismertem rá Korira és Zolira, mert hihetetlen módon nagyon

² Papp Katalin: Ami a számszerű eredmények mögött van... *Fizikai Szemle* 51/1 (2001) 26–34.

élveztek és jók is voltak.” (Zoli és Kori nevét nem éppen a jó diákok között tartják számon.) Miközben tanítványaim próbálgatták a kísérletet, a sikertelenség, vagy éppen a már működő eszköz fényt derített a fizikai magyarázatra is.

6. a projekt értékelése

Tanulói véleményekből: „A különböző iskolákból érkező diákok szemében igazán látszott, nem csak azért jöttek el, hogy lemaradjanak az óráról, hanem érdekelte őket a majdnem másfél óráig tartó bemutató. [...] A sok előkészítésnek köszönhetően véleményem szerint igen jól sikerült ez a különleges alkalom, és én nagyon örültem ennek a lehetőségnek, amelyet jövőre áprilisban, remélem megismételhetünk.”

„Én abban a csoportban, amelyikben voltam, nagyon jól éreztem magam. Csak az volt kár, hogy nem mindegyik kísérletet tudtam kipróbálni. [...] Nagyon élveztem ezt az egészet. De legjobb az volt, amikor megtapsoltak minket, és sütit is kaptunk! Ezt nem is gondoltam volna. Kaptunk egy tők jó könyvet, ami egyben érdekes is. Az is jó volt, hogy sok tanár segített nekünk. Remélem jövőre is ilyen jó lesz, és még többen fognak jönni!”

„Jó volt, hogy voltak fizika előkészítő napok, így mindenki kipróbálhatta a kísérleteit, hogy minden rendeltetésszerűen működjön a bemutatón.”

„Nagyon tetszettek *Jenei Peti* fénytani kísérletei, mert látványosak voltak. Minden csoportban voltak nagyon érdekes és különleges kísérletek. Nem volt olyan kísérlet, ami kevésbé tetszett. [...] Nagyon jól éreztem magam, és máskor is szívesen részt vennék ilyen programon.”

„Szerintem jó volt, sokan voltunk, jól éreztük magunkat és még egy kicsit tanultunk is. Sok dicséretet kaptunk. Egy rossz volt; belül kevés volt a hely.”

„Jó volt, mert minden gördülékenyen ment, és mindenki szorgalmasan megtanulta a kísérlet lényegét.”

Az *Öveges-idezés* majd a későbbiekben *Kísérletezzünk!* projekt záró rendezvényén több évben is részt vett *Bonifert Domonkosné*, a Juhász Gyula Tanárképző Főiskola fizika tanszékének volt tanára. Idézet leveléből: „hálásan köszönöm, [...] hogy felismertétek azt, amiben én is hiszek, hogy a mai gyerekekkel így lehet leginkább megszerettetni tantárgyunkat, továbbá, hogy sok-sok energiát befektetve vállalkoztatok egy ilyen bemutató megrendezésére, melynek értéke a mai világban szokatlan módon forintokban nem mérhető, ezért hatványozottan értékes”. Biztató szavai óriási lendületet, erőt adtak a következő évekre.

Minden évben vendégünk *Papp Katalin* a Szegedi Tudományegyetem Kísérleti Fizika Tanszékéről. Idézet a *Délmagyarországban* megjelent írásából: „A helyi Művelődési Központ nagytermében, mint profi kiállítóknál szokásos: középen körberakva asztalok, rajtuk konzervdoboz, üdítős üveg, léggömb, gyertya, alufólia, lábasok, sütőpor, ecet, tojás, és sok más, a háztartásokban használatos eszköz. A standok mögött az iskola 7. osztályos mosolygós tanulói, ők har-

mincan, akik »árulták« portékáikat. A portékák pedig fizikai kísérletek voltak, amelyeket a tanulók saját maguk készítettek, fejlesztettek ki több hetes délutáni, hétvégi munkával [...] Az »árusok« szerepében a tanulók értőn, felkészülten, lelkesen mutatták be a gáztörvények, a lendület-megmaradás, a hidrosztatika komornak hitt törvényei, fogalmai segítségével megmagyarázható jelenségeket. »Élő természettudomány« [...] és itt tényleg lüktetett, vibrált a 13 éves tanulókból áradó tudományoszeretet. Működött a tojásból készített gőzhajó, piros lávafolyam hőmpölygött a vulkánból, méteres távolságból gyertyaoltó versenyt rendeztünk. Volt rá közönség, hiszen a meghívott környező iskolák tanulói jöttek sorban húszasával Kübekházáról, Mórahalomról, Bordányból. [...] Öveges Professor Úr szellemének megidézése jól sikerült Üllésen.”³

7. bemutató a szülőknél

A munkánk méltó zárásaként a produktumokat bemutattuk a szülőknél is. Nyílt szakköri foglalkozás követi minden évben a projektzáró rendezvényt, ahol a résztvevő diákok, szülei és a vezető tanárok értékelik az éves munkát.

A legsikeresebb kísérletek

Milyen gyors a reakcióképességed?

Előfordul néha, hogy egy kicsit „nehézfajű” vagy? Máskor, például a sportban nagyon gyorsan reagálsz? Ebben a kísérletben lemérheted az általános reakcióképességedet. Társad fogja szorosan a vonalzót a felső végénél! Csukd össze a hüvelyk- és a mutatóujjad a vonalzót a második végénél, de ne érintsd meg!



Ekkor segítőd engedje el hirtelen a vonalzót, te pedig próbáld meg a lehető leggyorsabban megfogni! A vonalzó színkódjai: kék – lajhár; sárga – félig ébren vagy; zöld – maci; rózsaszín – puma; piros – villámkapkodó. A közlekedésben nagyon fontos a rövid reakcióidő, különösen nagy sebesség mellett.

Varázsolj!

Tedd a pénzérmét a pohár szélére, és akassz rá két villát!

Ha a villákat megtartja a pénzérme, akkor igazi varázsló vagy!



Végy egy dobozos üdítőt...

és tégy vele valami nagyon szokatlant! Vajon sikerül e összezsugorítani a dobozt? Tegyéle bele egy

³ *Délmagyarország*, 2006. május 3.

kevés vizet, majd kezdjed el melegíteni! Forraljad néhány percig, majd a palackot hirtelen tedd hideg vízbe! Mit tapasztalsz? Mi okozta a palackon a tapasztalt hatást?



Hogyan készíthetünk idegállapot-vizsgáló készüléket?

Sokat olvashattál már az elektromosságról, most következék egy kis játék! A hurok átmérője ne legyen sokkal nagyobb a seprű átmérőjénél. A kísérlet lényege és feltétele, hogy a seprűnyélre felhúzott hurok és huza- lok ne érintkezzenek egymással. Mindehhez, jó idegekre és nyugodt kézre van szükség. Az esetleges hiba rendkívül látványos, hiszen a csengő minden érintkezéskor megszólal. Társaiddal versenyezhetek, ki tudja a hurkot leggyorsabban, csengés nélkül áthúzni a seprűnyélen.



Felszívódó léggömb

Jó tüdővel rendelkezők egyetlen levegővétellel képesek „felszívni” a léggömböt. Magyarán: ha az üvegpalackból levegőt szívunk ki, odabent a nyomás a légköri nyomás alá csökken. A léggömbben, mivel a száján keresztül szabad összeköttetésben van a kültérrel, állandóan légköri nyomás uralkodik. A kialakult nyomáskülönbség hatására fújódik fel a léggömb.



Gyertyaoltás távirányítással

Tejfölös kupával próbáld eloltani a gyertyát! Vajon hány próbálkozás után sikerül?

Légpárnás léggömb

A felfújt léggömbből kiáramló levegő légpárnát képez a talp és az asztal között, így súrlódás gyakorlatilag nem lép fel mozgás közben. A léggömb előrehaladását mindössze a légellenállás akadályozza. Egy kicsit meglökve „sikklik” a felületen.



Vulkánkitörés

A Földön több 100 km hosszú lávafolyamok is előfordulnak. Ezek a földkéreg széles repedéseiből törnek a felszínre. A vulkán kifejezés az ókori római tűzisten, Vulkanus nevéből ered. A vulkánok működésével foglalkozó tudományt vulkanológiának, a vele foglalkozó tudósokat vulkanológusoknak nevezik.

Ebben a kísérletben egy működő vulkánt készíthetünk, amely szemlélteti, hogyan tör elő a láva gázok kíséretében. A homokvulkán kitör, az ecet és a szódadikarbóna keveredésekor szén-dioxid szabadul fel, és ez a gáz kilöki a lisztet a palackból piros, habos láva formájában.



Összegzés

A kulcskompetenciák fejlesztésének célja a gondolkodás, a megismerési képességek fejlesztése, a személyes értékek tudatosítása, a tanulást segítő érzelmi és motivációs tényezők megerősítése.

Az ismeretszerzés, a készség- és képességfejlesztés, valamint a hatékony megismerési folyamathoz nélkülözhetetlen értelmi, érzelmi és motivációs tényezők fejlesztése együttesen történt meg rendezvénysorozatunkon. Ehhez a változó életkorokhoz szabott, élményt jelentő és szerző módszerek széles skálájával találtak tanítványaim.

Munkánk eredményességét tükrözi, hogy a fizika tantárgyi előmenetelben lassan haladók értékei is kiderülhettek, amely megváltoztathatja a gyerek önértékelését. Hiszen az a diák, aki szorong, belső bizonytalansággal küzd, a kudarcot állandó belső okokra, képességének, tehetségének hiányára vezeti vissza. Még a saját sikerében sem hisz, mert azokat változó külső okoknak tulajdonítja. Nem motivált, hogy nagyobb erőt fejtsen ki a tanulás terén. Úgy él meg minden iskolai feladathelyzetet, hogy neki ehhez „úgyis elég esze”, kár nagyobb erőfeszítést kifejtenie, hiszen úgyis hiábavaló. Ahhoz, hogy a tanuló aktív részese lehessen saját tanulási folyamatának, minden pedagógus gondoljon az alábbiakra!

- Készüljünk fel arra, hogy nagy türelemmel munkálkodjunk! Sokféle lehetőséget kutassunk fel, hogy azokból a legjobbat választhassuk!
- Dolgozzunk együtt, ha közös tudásunk kialakításán fáradozunk!
- Fogadjuk el, hogy a felzárkózást célzó, a lehetőségeket teremtő és adó nevelés-oktatás megvalósításának vannak kritikus pillanata! Akik ilyenkor kételkednek és leállnak, azokkal felesleges vitatkozni, lelket kell önte-

nünk beléjük, meg kell győznünk őket, hogy van értelme az erőfeszítésnek, a munka folytatásának.

A felkészülés időszakában nagyon emlékezetes, szép délutánokat töltöttünk a gyerekekkel. Minden tanuló megtalálta helyét a munka során, egyenrangú, egymásra figyelő, egy közös célért küzdő lelkes csapat kovácsolódott össze. A sok kísérlet kapcsán olyan ismeretek birtokába jutottak, amelyeket semmilyen tankönyv nem tud jobban közvetíteni a számukra. Nekem, pedagógusnak is nagy segítség a mindennapi munkában, hiszen a kéthetenkénti 3 órában fizikát hatékonyan tanítani lehetetlenség, főleg sok-sok kísérlettel fűszerezve egy-egy órát. A gyereket pedig elsősorban ez érdekelné, főleg, ha ő is kipróbálhatná. Hiszem, hogy a mai gyerekek így lehet megszerettet-

ni ezt a tárgyat. Hiszen a törvények, fogalmak egy-egy dolgozat erejéig a fejükben maradnak – ha megtanulják –, de utána szinte teljesen törlődnek. Így hosszabb távon emlékeznek a jelenségekre és magyarázatukra.

Irodalom

- Öveges József: *Kísérletezzünk és gondolkozzunk*. Gondolat kiadó, Budapest, 1979.
- Öveges József, Molnár Ottó: *Játékos kísérletek az elektronnal*. Móra Ferenc Könyvkiadó, Budapest, 1981.
- Kísérletek könyve. 150 egyszerű kísérlet*. Tessloff és Babilon kiadó, Budapest, 1994.
- 150 kísérlet. Egyszerűen elvégezhető kísérletek gyerekeknek, a tudomány és technika világának megismeréséhez*. Cser kiadó, Budapest, 2004.
- Vida József: *Kedvenc kísérleteim*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1995.

DÍJAZOTT KÍSÉRLETEIM

Zátonyi Sándor
Szent-Györgyi Albert Gimnázium, Szakközépiskola
és Kollégium, Békéscsaba

A Magyar Nukleáris Társaság 2006 óta minden évben pályázatot hirdet fizikatanárok számára, amelyen az iskolai munka során felhasználható új kísérletek kidolgozásával lehet indulni. Az *Öveges József-díjat*¹ az kapja, akinek az adott évben a legtöbb pontja van. A díjat nem nyert pályázók pontjaikat továbbvizik a következő évre, de 2013-tól a korábbi években szerzett pontszámok évente feleződnek.

Az utóbbi három évben beadott pályamunkáim² alapján 2013-ban én kaptam meg ezt a díjat. Ez a cikk a 2011-ben és 2012-ben készült két pályázatomból rövidített anyagát tartalmazza. A 2013. évi pályázat (magfizikához is kapcsolódó) kísérleteit ismertető írás várhatóan a Magyar Nukleáris Társaság által kiadott *Nukleon* című folyóiratban³ jelenik meg.

Mérések lézeres távmérővel (2011)

Az SI szerint a hosszúság mértékegysége a méter. A *Bay Zoltán* javaslata és kutatásai alapján 1983-ban elfogadott definíció szerint egy méter az a távolság, amelyet a fény vákuumban $1/299\,792\,458$ másodperc alatt tesz meg. Elvileg tehát hosszúságméréskor megmérjük, mennyi Δt idő alatt teszi meg a fény vákuumban a mérendő távolságot, majd az $l = c \cdot \Delta t$ alapján meghatározzuk a keresett l távolságot.


Bár a mindennapokban még nem így mérünk hosszúságot, de már 1969-ben az Apollo-11 (majd az Apollo-14 és az Apollo-15) űrhajósai egy-egy lézere-

tükröt vittek a Holdra, amely 100 db fényvisszaverő hármasszögletet tartalmazott. Ma a még mindig üzemképes lézertükrök segítségével a fény futásideje néhány pikoszekundum pontossággal megmérhető, így a *Föld–Hold-távolság milliméter pontossággal meghatározható*.

A geodéziában már mintegy két évtizede léteznek olyan lézeres távolságmérő berendezések (mérőállomások), amelyek a fény futásidejének mérése alapján határozzák meg a mérendő távolságokat. A beépített célszámítógép a mért idő alapján kiszámítja és a mérőberendezés kijelzőjén megjeleníti a mért távolságot. (A mérés ilyenkor ugyan levegőben történik, de a beépített számítógép figyelembe is veszi ezt az eltérést.)

Néhány éve megjelentek ezen eszközök kézi változatai is, amelyek egy lézerdíoda fényének futásidejét mérik, és LCD kijelzőjükön közvetlenül a mért távolságot írják ki akár milliméteres pontossággal. Ma ezen eszközök 30 ezer forint körüli ára olyan alacsony, hogy szerepet kaphatnak a középiskolai fizikatanításban. A továbbiakban ezen eszközök iskolai alkalmazását és a velük végezhető kísérleteket, méréseket mutatom be.

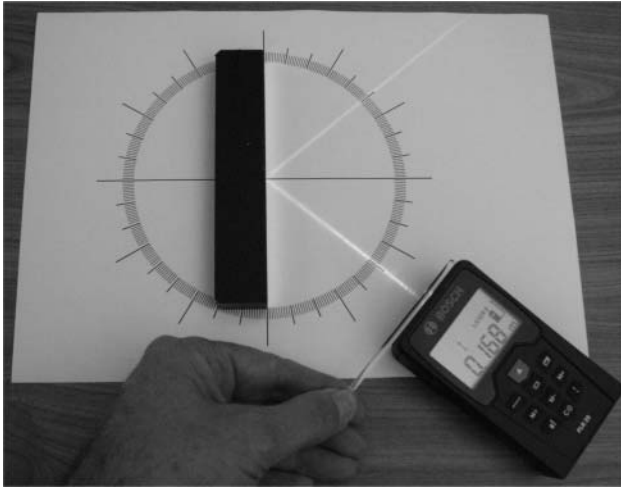
A kísérletekhez, illetve mérésekhez egy Bosch gyártmányú, PLR 25 típusjelű kézi lézeres távmérőt használtam, de a kísérletek más hasonló távmérővel is elvégezhetőek. A PLR 25 távmérő mérési tartománya 0,05–25 m, tipikus mérési pontossága $\pm 2,0$ mm, legkisebb kijelezhető egység 1 mm, a lézertény hullámhossza 635 nm.

Használatát nagymértékben megkönnyíti, hogy akár egy kézzel is kezelhető, továbbá távolságméréskor gyakorlatilag csak a  jelű működtető gombot kell használni. További előny, hogy nem drága, speciális elemekkel, hanem közönséges 1,5 V-os, AAA

¹ Részletek a díjról a Magyar Nukleáris Társaság honlapján, a <http://nuklearis.hu/oveges-dij> címen.

² Mindhárom pályázat anyaga (a mellékletekkel együtt) elérhető a <http://www.fizkapu.hu/fiztan/fiztan05.html> címen.

³ <http://nuklearis.hu/nukleon/cikkek>



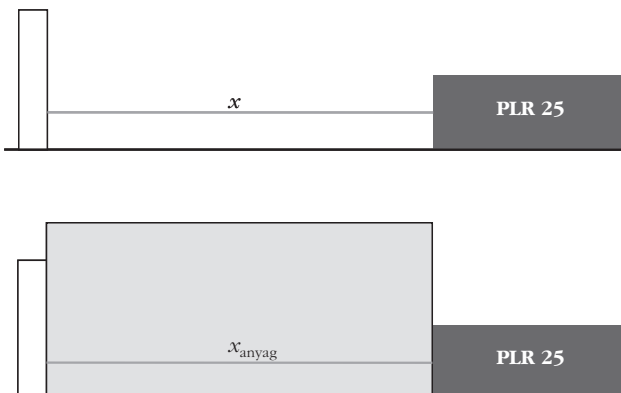
1. ábra. A fényvisszaverődés vizsgálata.

méretű galvánelemekkel működik, illetve ha nem használják (nincs gombnyomás), akkor 5 perc elteltével automatikusan kikapcsol.

A fizikaórákon számos helyen használhatjuk az eszközt a vonalzóval vagy mérőszalaggal végzett *bagyományos távolságmérések kiváltására*. Különösen nagyobb távolságok mérésekor előnyös, hogy nem kell segítség a mérőszalag végének rögzítéséhez. Előnyösen használható akkor is, ha nehezen megközelíthető helyeken, illetve akadályok (például padok) között kell mérni. Az eredeti pályázatban szereplő IV. táblázat tartalmazza azokat a témakörök-kísérleteket – szabadesés, sűrűség, légnyomás, leképezési törvény –, amelyekben a távmérő közvetlen távolságmérésre használható.

Az eszközt több kísérletben használhatjuk a szokásos *lézeres mutatópálcák helyett*. Előnyös, hogy a működtetőgombot nem kell állandóan nyomva tartani. A gomb egyszeri megnyomásakor a távmérő lézere 20 másodpercen át – folyamatos mérési módba váltva – világít. Az eszköz csúszásmentes alja biztosítja, hogy az a kísérlet közben külön befogás nélkül se mozduljon el. (A többnyire hengeres lézeres mutatópálcákat valahogy rögzíteni kell.) Az eredeti pályázati anyagban szereplő III. táblázat tartalmazza azokat a témakörök-kísérleteket, amelyekben a távmérő fényforrásként használható: fényterjedés homogén közegben

2. ábra. A fénysebességmérés elve.



és a fénysugár, fényvisszaverődés, -törés, -interferencia, elhajlás rácson, polarizáció. Az 1. ábra egy ilyen mérést mutat.

A távmérő segítségével egyszerűen és látványosan szemléltethető a GPS működése is. Ennek részletes leírása, illetve az ehhez kapcsolódó kiegészítő anyagok (Excel-táblázat, illetve számítógépes program) szintén az eredeti pályázati anyagban érhető el.

A fénysebesség különféle anyagokban történő mérésénél abból az alap gondolatból indulhatunk ki, hogy ha a fény adott s útszakaszon levegő helyett a vizsgált anyagban halad, akkor ehhez általában⁴ hosszabb időre van szüksége. A távmérőbe épített célszámítógép azonban továbbra is a levegőben mérhető fénysebességgel számol, ezért mindezt az előzőleg levegőben mért s útnál nagyobb s_{anyag} útként érzékeli (és jelzi). Ebből levezethető, hogy a vizsgált anyagban a fénysebesség:

$$c_{\text{anyag}} = \frac{s}{s_{\text{anyag}}} \cdot c_{\text{levegő}}, \quad (1)$$

illetve az adott anyag levegőre vonatkoztatott törésmutatója:

$$n_{\text{anyag, levegő}} = \frac{c_{\text{levegő}}}{c_{\text{anyag}}}. \quad (2)$$

A következő mérésekben a fenti összefüggéseket felhasználva lehet a vizsgált anyagokban a fénysebességet, illetve ennek alapján az adott anyag levegőre vonatkozó törésmutatóját meghatározni.

Ha a távmérővel végzett mérésnél a fény mindvégig levegőben, illetve mindvégig az adott anyagban halad, akkor a 2. ábra alapján egyszerűen belátható, hogy a távmérő által jelzett x és x_{anyag} távolságokra teljesülnek az $s = 2 \cdot x$ és az $s_{\text{anyag}} = 2 \cdot x_{\text{anyag}}$ összefüggések. A fény ugyanis mindkét esetben kétszer futja be az adott x , illetve x_{anyag} távolságot. Ezeket az (1), illetve a (2) összefüggésbe helyettesítve adódik, hogy

$$c_{\text{anyag}} = \frac{x}{x_{\text{anyag}}} \cdot c_{\text{levegő}}, \quad (3)$$

illetve

$$n_{\text{anyag, levegő}} = \frac{x_{\text{anyag}}}{x}. \quad (4)$$

Így megmérhetjük a fénysebességet, illetve a törésmutatót minden olyan átlátszó testben, amelynek van két párhuzamos lapja, és ezek a lapok legalább 5 cm-re⁵

⁴ Kivételek azok az anyagok (gázok), amelyek abszolút törésmutatója a levegőénél kisebb, a levegőt azonban ezeknél az anyagoknál is használható. (A műszer korlátozott pontossága egyébként sem teszi lehetővé a gázokban mérhető fénysebességek közti eltérések kimutatását.)

⁵ Ennél kisebb távolságot (levegőben) nem lehet mérni a távmérővel. A megadottnál kisebb laptávolságoknál más eljárást kell alkalmazni.



3. ábra. Fénysebesség mérése üvegvázában.

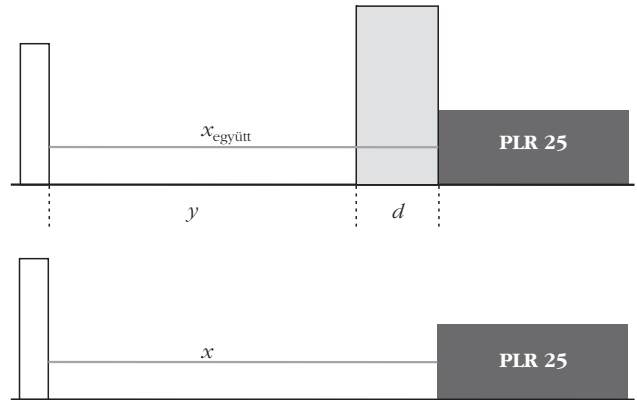
vannak egymástól. Erre a célra például jól használhatók különféle *üveghasábok*, illetve hasáb alakú, *vastag aljú üvegvázák* (3. ábra).

A mérés elvégzéséhez állítsuk be a vonatkoztatási síkot a távmérő elejéhez! Helyezzük az üveghasáb két szemközti lapjának egyikéhez a távmérő érzékelős oldalát úgy, hogy érintkezzen az üveghasábbal! A hasáb szemközti lapjához szorítsunk egy fehér, fényvisszaverő lapot (például bútorlapdarabot vagy kartonlapot)! Először az üvegen keresztül mérjük meg a távmérővel a két lap x_{anyag} távolságát! Ezt követően távolítsuk el a távmérő és a visszaverő lap közül az üveghasábot úgy, hogy se a távmérő, se a visszaverő felület ne mozduljon el, majd mérjük meg az x távolságot levegőben! E két adatból a (3) képlet alapján a meghatározható a fénysebesség az adott üvegben.

A tíz mérés átlaga alapján az *üvegváza anyagában a fénysebesség* $1,97 \cdot 10^8$ m/s, az *üvegváza anyagának levegőre vonatkozó törésmutatója* 1,52. A mérésről készült videofelvétel megtalálható az eredeti pályázati anyagban.

A mérés előnye, hogy nem igényel számottevő előkészítő munkát, maga a mérés gyorsan elvégezhető, és más iskolai kísérletekhez képest meglepően pontos eredményeket ad. A mérés lényegének megértéséhez csupán általános iskolai fizikai ismeretek (egyes vonalú egyenletes mozgás, fénysebesség levegőben) szükségesek, és komolyabb matematikai ismeretekre sincs szükség. További előny, *hogy a mérés közvetlen módon történik*, azaz a fénysebességet nem közvetett módon (a fénytörésre vagy a teljes visszaverődésre alapozva), komoly elméleti és matematikai háttérrel alkalmazva határozzuk meg.

Ha a vizsgálandó minta laptávolsága 5 cm-nél kisebb, akkor módosítsuk a fenti mérési eljárást a kö-



4. ábra. Fénysebesség mérése lemezben.

vetkezőképpen! Helyezzük el a távmérőt és a visszaverő felületet egymástól mintegy 20-30 cm távolságra! Helyezzük közvetlenül a távmérő elé a vizsgált anyagból készült plánpárhuzamos lemezt (például vastagabb üveglapot, plexilemezt)! Állítsuk be a vonatkoztatási síkot a távmérő elejéhez! Végezzünk el egy távolságmérést a lemezen (és levegőn) keresztül! Ezután a lemezt eltávolítva ismételjük meg a mérést a levegőn keresztül! Mérjük meg (tolómérővel) a lemez vastagságát is!

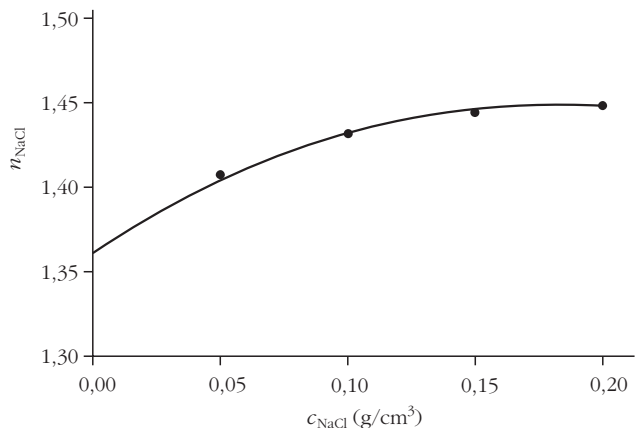
A 4. ábrának megfelelően jelölje a távmérő által jelzett két távolságot $x_{\text{együtt}}$ és x , a lemez vastagságát d ! A két mért érték különbsége: $\Delta x = x_{\text{együtt}} - x$. Ezeket a jelöléseket használva a fénysebesség, illetve a törésmutató:

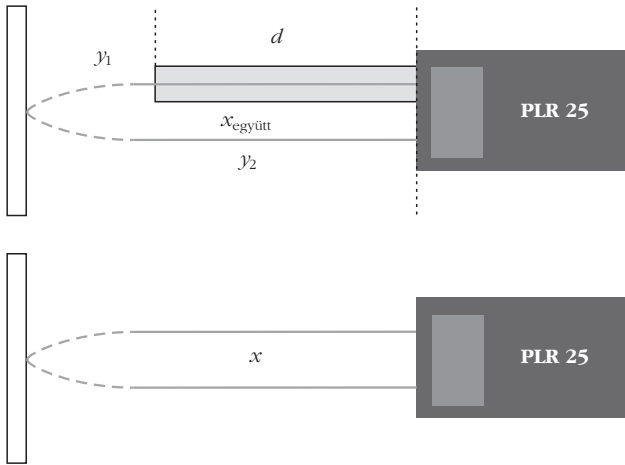
$$c_{\text{anyag}} = \frac{d}{d + \Delta x} \cdot c_{\text{levegő}}, \quad (5)$$

$$n_{\text{anyag, levegő}} = \frac{c_{\text{levegő}}}{c_{\text{anyag}}} = \frac{d + \Delta x}{d}. \quad (6)$$

Két különböző vastagságú plexilapon végzett tíz mérés átlaga alapján a *fénysebesség a plexiben* $1,95 \cdot 10^8$ m/s, a *plexi levegőre vonatkozó törésmutatója* 1,54. Bár ehhez a méréshez az adott anyagból csupán néhány centiméter vastag plánpárhuzamos lemez is elég, a vastagság csökkenésével együtt csökken a pontosság, hiszen a távmérő felbontása 1 mm, és a

5. ábra. A NaCl-oldatok törésmutatója.





6. ábra. Az „egyutas” mérés elve.

tolómérővel végzett vastagságmérés pontossága is befolyásolja a végeredmény pontosságát. Előnye viszont a gyors mérés lehetősége, és még viszonylag vékony lemezek esetén is nagyságrendileg helyes eredmények kaphatók.

Az előbbihez hasonló elrendezésben mérhető meg a fénysebesség, illetve a törésmutató *átlátszó kristályokban, folyadékokban*. Megvizsgálható, hogy sóoldatban miként függenek ezen mennyiségek az oldat töménységétől (5. ábra). E mérések leírása szintén megtalálható az eredeti pályázati anyagban.

Ha egy *vékony rúd* anyagának törésmutatóját kell meghatározni, akkor nem biztosítható, hogy a fény a visszaverődés után, visszafelé is a vizsgált mintában haladva jusson el a távmérő érzékelőjébe. Ilyenkor a 6. ábrán látható „egyutas” mérési elrendezést alkalmazhatjuk. A visszaverő lapot helyezük a minta végétől legalább 20-30 cm-re, így a távmérő érzékelője már „látja” a visszaverő felületre beeső lézertényt. Az ábra jelöléseit, illetve a $\Delta x = x_{\text{együtt}} - x$ jelölést használva levezethető, hogy

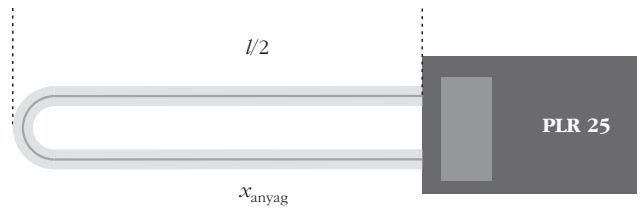
$$c_{\text{anyag}} = \frac{d}{d + 2 \cdot \Delta x} \cdot c_{\text{levegő}}, \quad (7)$$

illetve

$$n_{\text{anyag, levegő}} = \frac{d + 2 \cdot \Delta x}{d}. \quad (8)$$

Ezzel a módszerrel a TANÉRT (később Taneszköz Kft.) által forgalmazott elektrosztatikai készletben található, plexiből készült rúdban mértem meg a fény terjedési sebességét, illetve a törésmutatót. A mérésnél ügyelni kell arra, hogy a távmérőből kilépő fény lehetőleg végig a rúd közepén haladjon, és ne jöjjön létre teljes visszaverődés a rúdban. Az öt mérés átlaga alapján a *fénysebesség plexiben* $1,96 \cdot 10^8$ m/s, a *plexi levegőre vonatkozó törésmutatója* 1,53. Ez gyakorlatilag megegyezik a korábbi mérésben a plexilapokra kapott 1,54 értékkel.

A távmérő segítségével *optikai szálak belsejében* is megmérhetjük a szál anyagának a törésmutatóját. Mivel a köpeny anyagába bejutó fény kiléphet a köpeny határolófelületén, így nem jut el a meghajlított



7. ábra. Mérés optikai szálban.

szál másik végére. A mért érték tehát a mag anyagának a levegőre vonatkozó törésmutatóját adja.

A mérést a 7. ábra szerinti elrendezésben végezhetjük el. A mérés elve hasonlít az első mérésnél leírtakhoz, de a fény az oda-vissza utat most a félbehajtott, eredetileg l hosszúságú optikai szálban teszi meg, ezért $s = l$ és $s_{\text{anyag}} = 2 \cdot x_{\text{anyag}}$. Ezeket felhasználva a korábbi (1) képlet alapján a terjedési sebesség és a törésmutató:

$$c_{\text{anyag}} = \frac{l}{2 \cdot x_{\text{anyag}}} \cdot c_{\text{levegő}}, \quad (9)$$

$$n_{\text{anyag, levegő}} = \frac{2 \cdot x_{\text{anyag}}}{l}. \quad (10)$$

Ezzel a módszerrel egy audio berendezések összekötésére használt TosLink kábelben, illetve egy orvosi/kozmetikai eszközök gyártójától/forgalmazójától ajándékba kapott optikai szálban mértem meg a fénysebességet, valamint a törésmutatót. A mérésnél ügyelni kell arra, hogy a távmérőből kilépő fény pontosan a szálba lépjen, a szálba be nem jutó fénysugarakat pedig kitakarjuk. Ezek ugyanis az érzékelőbe jutva meghamisítanák a méréseket. (A szál mérés közben tetszőleges alakú lehet, a 6. ábra szerinti alak csak a levezetést tette egyszerűbbé.) Az öt-öt mérés átlaga alapján a *fénysebesség mindkét optikai szálban* $1,95 \cdot 10^8$ m/s, az *optikai szálak anyagának levegőre vonatkozó törésmutatója* 1,53 és 1,54 volt (az egyezés, illetve az eltérés a kerekítésekből adódik). A mérésről készült, már említett videofelvételen ez a mérés is megtalálható.

Ennél a mérésnél meg kell jegyezni, hogy – csak iskolai eszközök felhasználásával – *más módszerrel az optikai szálak anyagának törésmutatója nem határozható meg*. Ugyanakkor ismert törésmutatójú optikai száznál a módszer felhasználható a (felteker-cselt) *szál hosszának mérésére* is, feltéve, hogy a szál két vége elérhető a méréshez, és az x_{anyag} kisebb, mint a távmérő által mérhető maximális hosszúság.

A fentiekben ismertetett kísérletekhez és mérésekhez *kevés kiegészítőre van szükség*, ezek gyakorlatilag bármely iskolában megtalálhatók, illetve elkészíthetők. A mérőeszköz tanári eszközként történő beszerzése elvileg nem jelent(hetne) akadályt. A leírt kísérletek, mérések többségéhez *nem szükséges különösebb előkészítés*, beállítás. A mérések elvének megértése, a mérési eredmények kiértékelése általában *nem igényel komolyabb matematikai ismeretet*.

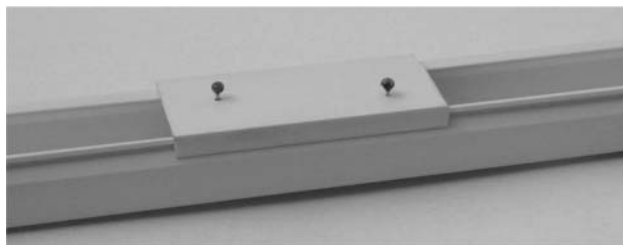
Elmozdulások összegzése (2012)

Az elmozdulások (és sebességek) összegzésének tanításakor gyakorlati példákra (folyón átkelő csónak^{6,7} vonaton haladó kalauz,⁸ villamos mellett haladó gyalogos,⁹ patakban „felfelé” úszó halak¹⁰ stb. szokás hivatkozni. Kísérletekre és mérésekre alapozott megközelítést idő és eszközhiány miatt csak elvétve alkalmazunk. A szakirodalomból csupán két kísérletet ismerek ehhez a tananyaghoz, ezek ismertetése megtalálható az eredeti pályázati anyagban. Ezen kísérletek (a mérőhengeres kísérletet leszámítva) viszonylag sok előkészületet igényelnek, és nehézkes az elmozdulások berajzolása, illetve a mérések elvégzése is. A mozgócsigás kísérlet eszközének elkészítése kissé bonyolult, tárolása pedig sok helyet igényel, különösen akkor, ha a jó láthatóság érdekében nagy elmozdulásokkal akarunk dolgozni.

Emiatt egy egyszerűbb és gyorsabban elkészíthető eszközt állítottam össze az elmozdulások összegzésének kísérleti bemutatására. Az új eszköz fő része egy kábelcsatorna alsó (falhoz simuló) részéből kialakított „sín”, amelyen két csúszka helyezkedik el (8. ábra). A két csúszkát a kábelcsatorna felső (fedő) részéből levágott, körülbelül 5 cm hosszú darabjaiból készíthetjük el. Az egyik csúszka első oldalát a jobb láthatóság érdekében vonjuk be színes öntapadó fóliával! Ezután mindkét csúszkára ragasztópisztollyal 2-2 nagy fejű, meghajlított gombostűt rögzítünk. Ehhez először egy fogóval a fejtől körülbelül 4-5 milliméterre derékszögben meghajlítjuk a gombostűket. Ezután a fogóval megfogva gázlángon felmelegítjük őket, majd átszúrjuk velük a csúszkát. A gombostűket a helyükre igazítjuk, és a hátoldalon ragasztópisztollyal rögzítjük (9. ábra).

A sín (kábelcsatorna) a belsejébe ragasztott erős mágnesekkel az iskolai fehér (vagy krétás) táblára rögzíthető. Mágnesként nem kell drága neodímium mágneseket vásárolni. A célnak megfelelő mágnesek találhatóak ugyanis a (rossz) merevlemez meghajtókban, ahol a fejmozgató motor egyik alkatrészeként szolgálnak. (A mágnes kiserelésével kapcsolatos javaslatok és fotók az eredeti pályázati anyagban megtalálhatók.) Ha nem akarunk a mágnesek kiserelésével bajlódni, akkor a mágnesek forgalmazásával foglalkozó internetes áruházak kínálatából rendelhetünk mágneseket.

A kiserelt (vagy vásárolt) mágneseket ragasztópisztollyal ragasszuk be a kábelcsatorna alsó (falhoz simuló) lapjának belső oldalára úgy, hogy ne akadá-



8. ábra. A sín az egyik csúszkával.



9. ábra. A gombostűk beragasztása.



10. ábra. A sínbe ragasztott tartómágnes.

lyozza a csúszkák mozgását (10. ábra)! Az általam készített körülbelül 1 méter hosszú eszközbe három mágneset ragasztottam, ezek kísérlet közben is kellő erővel rögzítik a táblán az eszközt.

Mozgó testként egy piros műanyaggolyót használunk. Ennek helyzete a mögötte lévő táblán filctollal megjelölhető. Az elmozdulások a jelek alapján berajzolhatók, majd a szükséges mérések egyszerűen elvégezhetők.

A mérőleges elmozdulások összegződésének bemutatásához az eszközt helyezük el a táblán vízszintesen! A két csúszka a sín bal oldalán legyen, balra a fehér, jobbra a színes! A fonalat többféleképpen is átvezethetjük a csúszkákon (11. ábra). Belátható és méréssel is alátámasztható, hogy ha a jobb oldali csúszkát Δx távolsággal jobbra toljuk, akkor a golyó függőleges elmozdulása a fonalvezetés módjától függően rendre Δx , $2 \cdot \Delta x$ és $3 \cdot \Delta x$ lesz.

Függesztjük fel a testet a 11. ábra felső részén látható módon: a cernát a jobb oldali csúszkán átvezetve akasszuk fel a bal oldali csúszkára! Ha most jobbra toljuk a jobb oldali csúszkát, akkor a golyó egyidejű-

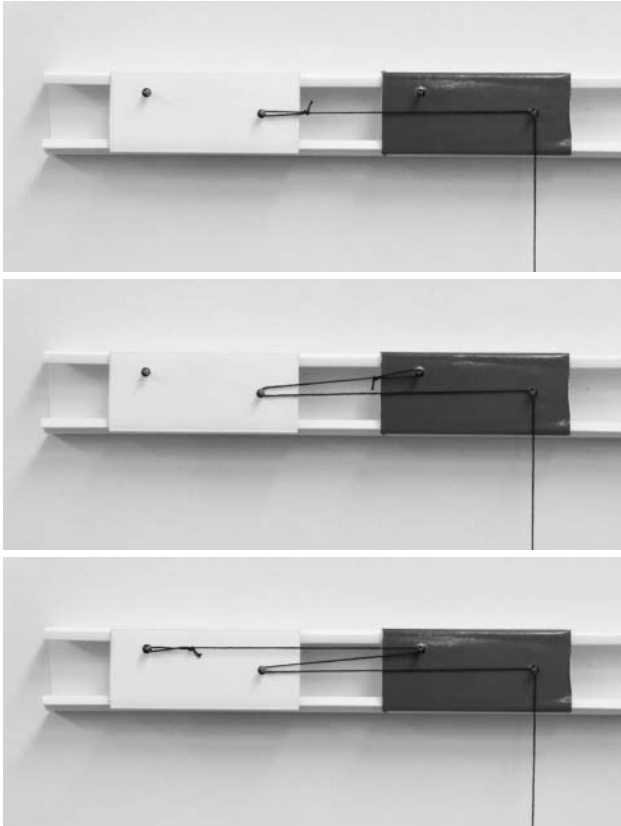
⁶ Paál T.: *Fizika I.* Tankönyvkiadó, Budapest (1978) ISBN 963-17-3187-1, 19–24. oldal.

⁷ Csajági S., Fülöp F.: *Fizika 9. Emelt szintű kiegészítésekkel.* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest (2010) ISBN 978-963-19-6266-6, 19. oldal.

⁸ Ifj. Zátanyi S.: *Fizika 9.* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest (2008) ISBN 978-963-19-6082-2, 58–62. oldal.

⁹ Nagy A., Mező T.: *Fizika 9.* Maxim Könyvkiadó, Szeged (2009) ISBN 978-963-2160-115, 19. oldal.

¹⁰ Video a patakban úszó pisztrángról. <http://www.youtube.com/watch?v=fp0UoZkV-O4>



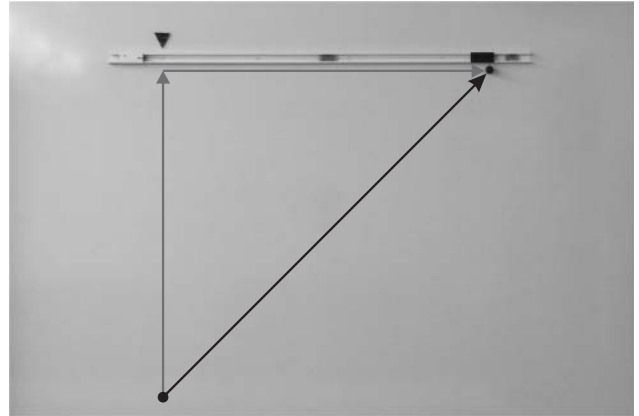
11. ábra. A fonalvezetés különféle módjai.

leg vízszintesen és függőlegesen is elmozdul. A két mozgás eredőjeként a test ferdén felfelé mozog. (A kísérletről készített fényképekből összeállított montázs az eredeti pályázati anyagban látható.)

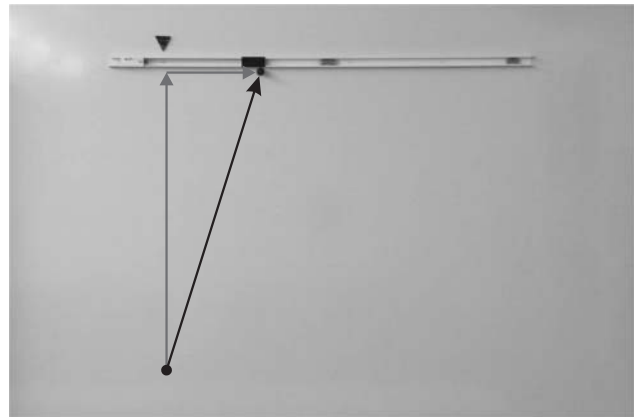
A test elmozdulásának kezdő és végpontját a táblán megjelölve berajzolhatjuk az elmozdulásvektorokat. Belátható, hogy a test elmozdulása a vízszintes és a függőleges elmozdulás vektori összegével¹¹ egyezik meg. A kísérletet megismételve a tanulók megfigyelhetik, hogy a test mindvégig a berajzolt eredő elmozdulásvektor mentén mozog. Megfigyelhető az is, hogy ebben a kísérletben a vízszintes és függőleges elmozdulás ugyanakkora, azaz $\Delta y = \Delta x$. Emiatt az eredő elmozdulás ilyenkor 45° -os szöget zár be a vízszintes-sel (12. ábra).

Ha a fonalat a 11. ábra középső, illetve alsó részén látható módon vezetjük át a csúszkákon és így ismétljük meg a kísérletet, akkor hasonló eredményekhez jutunk: a két egyidejű mozgás eredményeként létrejövő elmozdulás megegyezik a két elmozdulás vektori összegével. Ilyenkor azonban a vízszintes és a függőleges elmozdulások eltérő hosszúak ($\Delta y = 2 \cdot \Delta x$, illetve $\Delta y = 3 \cdot \Delta x$). Ennek megfelelően az eredő elmozdulás 63° -os, illetve 72° -os szöget zár be a vízszintes-sel (13. ábra).

¹¹ A vektorok összegének megrajzolásánál célszerű a *báromszög-módszer*t használni. Ez ugyanis egyrészt minden esetben alkalmazható, másrészt több vektor összegzéséhez is általánosítható (sokszög módszer). A paralelogramma-módszer viszont nem használható két azonos, illetve két ellentétes irányú vektor összegzésénél, továbbá nem is általánosítható.



12. ábra. Az eredő elmozdulás ($\Delta y = \Delta x$).

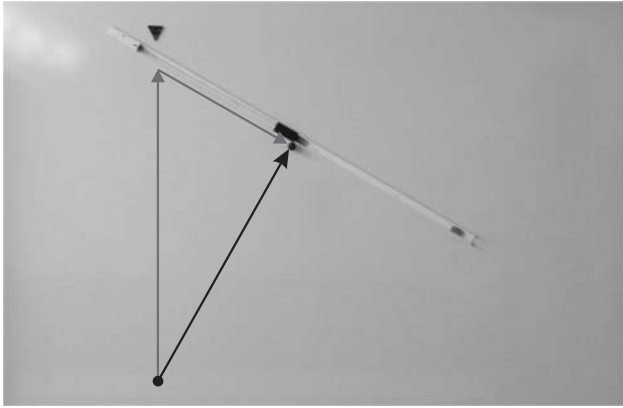


13. ábra. Az eredő elmozdulás ($\Delta y = 3 \cdot \Delta x$).

Az előző kísérletekben az elmozdulásvektor egyik összetevőjének (Δx) irányát a sín határozta meg, a másik összetevő (Δy) pedig mindig függőleges volt. Ha az eszközt ferdén helyezük el a táblán, akkor szemléltethető az olyan elmozdulások összegzése is, ahol a két elmozdulásvektor hegyesszöget vagy tompaszöget zár be egymással. Ezekben a kísérletekben az egyik összetevő irányát a csúszka elmozdulása (azaz a sín iránya) határozza meg, a másik összetevő iránya mindig függőleges.

Helyezzük el az eszközt például úgy, hogy a sín 30° -os szöget zárjon be a vízszintessel! A kiindulási helyzetben a két csúszka a sín bal oldali (felső) végénél legyen! A fonalat az előző kísérletekben látott módon vezetve elérhető, hogy az elmozdulás függőleges összetevőjének nagysága a sín irányába eső összetevő nagyságával megegyezzen, illetve annak kétszerese vagy háromszorosa legyen. (A 14. ábrán például a függőleges elmozdulás a *csúszka elmozdulásának* kétszerese.) Ezekben a kísérletekben is megfigyelhető, hogy a test eredő elmozdulása minden esetben a két elmozdulás vektori összegével egyezik meg.

Határeseteként az eszközzel szemléltethető az egyenesbe eső elmozdulások összegzése is. Ehhez az eszközt úgy kell elhelyezni a táblán, hogy a sín függőleges legyen. Azonos irányú elmozdulások összegzésénél a két csúszka kiindulási helyzetben a sín alsó végénél, ellentétes irányú elmozdulások összegzésénél a felső végénél legyen. A fonal megfelelő átveze-

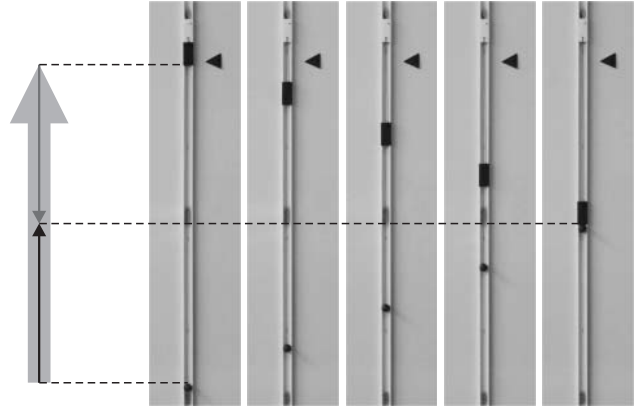


14. ábra. Az eredő elmozdulás 120° -ot bezáró elmozdulások összegzésekor ($\Delta r_1 = 2 \cdot \Delta r_2$).

tésével ilyenkor is elérhető, hogy a golyó csúszkához viszonyított elmozdulásának nagysága a csúszka elmozdulásának nagyságával megegyezzen, illetve annak kétszerese vagy háromszorosa legyen. (A 15. ábrán látható kísérletben például a golyó csúszkához viszonyított elmozdulása kétszer nagyobb a csúszka elmozdulásánál, de azzal ellentétes irányú.)

Az eredő elmozdulás kezdő és végpontját, valamint a csúszka kezdeti helyzetét a táblán megjelölve megrajzolhatjuk az elmozdulásvektorokat. (A 15. ábrán látható elrendezésnél az eredő elmozdulás ugyanakkora, mint a csúszka elmozdulása, de azzal ellentétes irányú. Érdekes a képet az eredeti pályázati anyagból letölteni.)

Az ismertetett eszköz alkalmas az elmozdulások összegzésének tanórán történő, kísérleteken alapuló szemléltetésére. A kísérletek eredménye könnyen meg-



15. ábra. Ellentétes irányú elmozdulások összegzése ($\Delta r_1 = 2 \cdot \Delta r_2$).

jeleníthető táblai rajzokon, ezek pedig segíthetik annak megerősítését és elmélyítését, hogy az elmozdulások vektorként (és nem skalárként) összegezhettek.

Továbbfejlesztési lehetőséget jelent, ha az eszközt egy fehér mágnestáblán használjuk, és közben projektorral egy rajzolóprogram képernyőképét vetítjük ki a táblára. Így az egérrel megjelölhetjük a golyó elmozdulásának kezdő- és végpontját, majd a rajzolóprogrammal megrajzolhatjuk az elmozdulásvektorokat. Hasonlóan használható az eszköz a digitális táblán is, ekkor a tábla mutatóeszközével dolgozhatunk.

A pályázat mellékletként tartalmaz egy PowerPoint bemutatót is. Ez az eszközről készített fényképek segítségével mutatja be az eszköz alkalmazási lehetőségeit. Ezt a bemutatót azonban *nem tanórai használatra* készítettem, hanem a tanároknak szántam, *kedvcsinálónak az eszköz elkészítéséhez*.

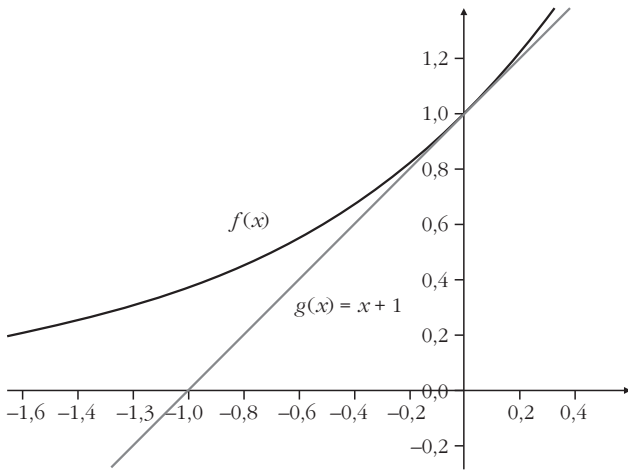
AZ EULER-FÉLE SZÁM VIZSGÁLATA

Simon Péter
PTE TTK Fizikai Intézet
Leőwey Klára Gimnázium, Pécs

A középiskolai tanulók a 11. évfolyam elején ismerkednek meg matematikaórán a törtkitevőjű hatványozással, majd az 1-nél kisebb, illetve 1-nél nagyobb hatványalapú exponenciális függvénnyel. Bár sem a közép-, sem az emelt szintű matematikaérettségien nem követelmény, mégis a legtöbb tankönyvben, illetve feladatgyűjteményben szerepel olyan feladat, amely e -alapú hatványt, vagy természetes alapú logaritmust tartalmaz. Érdekes, hogy ezekben a matematika-tankönyvekben igazából csak annyit tudunk meg erről az Euler-féle e -számról, hogy értéke körülbelül 2,718, irracionális szám, esetleg azt is, hogy transzcendens, mint a π . A tanév elején a legtöbb diák még igen érdeklődő, ennyi információ nem elégíti ki, faggatja tanárát, hogy mégis mi ez az e szám, mire jó. A felkészült matematikatanár legtöbbször még annyival szokta kiegészíteni a tankönyvi kevéske információt, hogy az e szám a fizikában majd elő fog fordulni, bizonyos természeti folyamatok leírásánál fontos. A

diákok kíváncsisága persze ezzel a hírrel sem lett kielégítve. A második félévben fizikaórán valóban előfordulhat az Euler-féle szám. A középszintű fizikaérettségien követelmény a bomlási törvény ismerete, emelt szinten egyszerű feladatok megoldásakor használni is kell. Bár nem követelmény, de a bomlási törvényt a bomlási állandó segítségével is felírhatjuk. Ekkor ismét előkerülhet az e alapú hatvány vagy logaritmus. A diákok többsége addigra már rég elfelejtette a tanév eleji igen csekély ismeretet, és ekkor a fizikatanár legtöbbször csak annyit mond, hogy „hát ezt matekból tanultátok, $e = 2,718\dots$ ”.

Ez a rövid írás arra vállalkozik, hogy ötletet adjon arra, hogyan lehet az Euler-féle számot elemi matematikai eszközökkel közelebb hozni diákjainkhoz. Többféle megközelítés létezik. Mi most azt az utat járjuk végig, amelyik a függvények vizsgálatát használja, hiszen a fizikai folyamatok leírásakor is függvényeket használunk.



1. ábra. A keresett $f(x) = e^x$ (0, 1) pontjához húzott érintő a $g(x) = x + 1$.

Az e szám megtalálása

Vizsgáljuk az $f(x) = a^x$ exponenciális függvényt! Keressük meg azt az $a = e$ alapot, amely mellett az $f(x) = e^x$ függvény grafikonja (0, 1) pontjához húzott érintő meredeksége: $m = 1$ (1. ábra). Ha találunk egy ilyen e alapot, akkor az azt is jelenti, hogy az $f(x) = e^x$ exponenciális függvény (0, 1) pontjához húzott érintő $g(x)$ meredeksége megegyezik az $f(x)$ függvény $x = 0$ helyen felvett helyettesítési értékével ($e^0 = 1$).

Ez azt is jelenti, hogy kicsiny x értékre ($x \ll 1$) $e^x \approx 1 + x$. Ezt a közelítést tekintjük egyenlőségnek, majd végük mindkét oldal 10-es alapú logaritmusát. Rendezés után a keresett e szám 10-es alapú logaritmusát kapjuk:

$$\lg e = \frac{\lg(1 + x)}{x}.$$

Innen e értékét már könnyedén megkapjuk:

$$e = 10^{\frac{\lg(1 + x)}{x}}.$$

Most már csak annyi a dolgunk, hogy egyre kisebb x értékek mellett, számológép segítségével egyre pon-

| x | $e = 10^{(\lg(1+x))/x}$ | x | $e = 10^{(\lg(1+x))/x}$ |
|------|-------------------------|---------|-------------------------|
| 1 | 2 | 0,001 | 2,71692... |
| 0,1 | 2,59374... | 0,0001 | 2,71814... |
| 0,01 | 2,70481... | 0,00001 | 2,71826... |

tosabban megkapjuk e értékét. Próbálkozásainkat az 1. táblázatba foglaltuk.

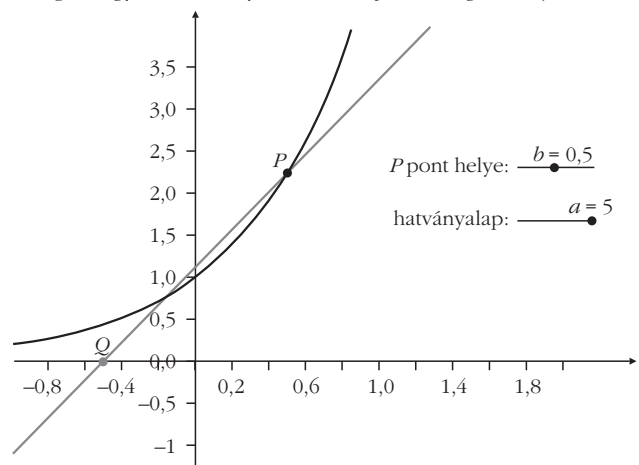
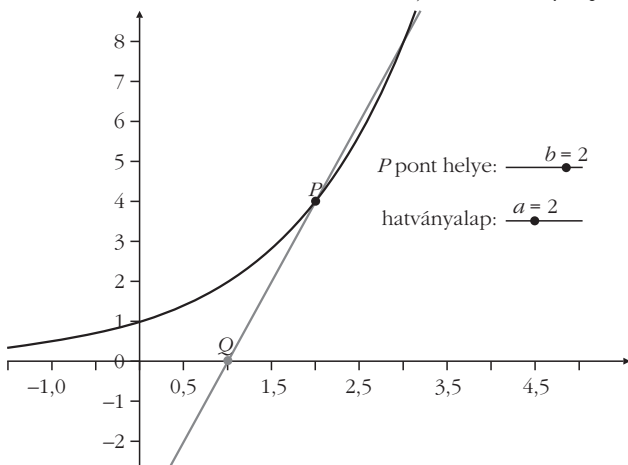
Igen hamar, viszonylag pontosan sikerült meghatározni a keresett e számot. 10 jegy pontosan az értéke: $e = 2,718\ 281\ 828$.

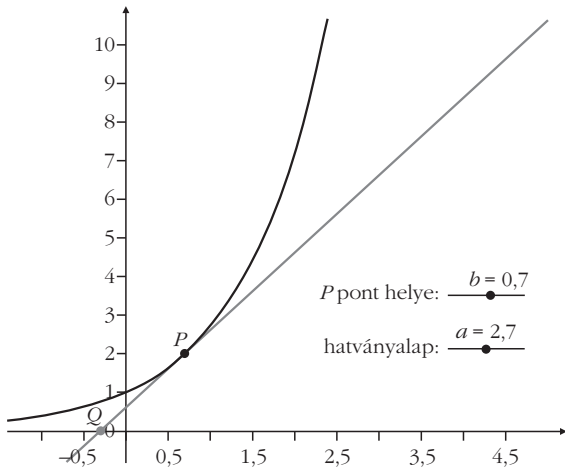
Az e^x függvény sajátossága

Igen, a fenti módon előállított e szám olyan, hogy az $f(x) = e^x$ exponenciális függvény (0, 1) pontjához húzott érintő meredeksége megegyezik az $f(x)$ függvény $x = 0$ helyen felvett helyettesítési értékével ($e^0 = 1$). Viszont az e^x függvény ennél többet is tud.

Határozzuk meg az e^x függvény grafikonja bármely (a, e^a) pontjához húzott érintő meredekségét. Gondolatban toljuk el a függvény képét a negatív x -irányba a -val és számítsuk ki a meredekséget az $x = 0$ helyen! Az $e^{(x+a)}$ függvény meredeksége az $x = 0$ helyen ugyanannyi, mint az e^x meredeksége az $x = 0$ helyen (azaz 1), szorozva e^a -val. (Itt azt használtuk fel, hogy az a -val való balra tolás egyenértékű a függvényértékek e^a -val való szorzásával.) Ezzel beláttuk, hogy e^x meredeksége az $x = a$ helyen éppen e^a -val egyenlő. Ez azt is jelenti, hogy az $f(x) = e^x$ exponenciális függvény grafikonja bármely pontjához húzott érintő meredeksége megegyezik az adott helyen felvett helyettesítési értékkel. Ezt könnyen tudjuk szemléltetni az internetről ingyenesen letölthető GeoGebra dinamikus matematikai szoftver segítségével. Ábrázoljuk koordináta-rendszerben az $f(x) = a^x$ függvényt úgy, hogy a csúszka segítségével

2. ábra. Az $a = 2$ (balra) és az $a = 5$ (jobbra) hatványalap esetén is a $g(x)$ egyenes két helyen metszi az $f(x) = a^x$ grafikonját.





3. ábra. Ha a hatványalap $a = 2,7$, akkor az exponenciális függvény bármely pontjához húzott érintő meredeksége megegyezik az adott helyen felvett helyettesítési értékkel.

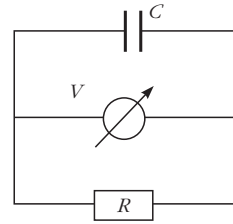
vel az a értékét 1 és 5 között tudjuk változtatni 0,1-es lépésekkel (2. ábra). Ezen exponenciális függvény grafikonján kijelölünk egy P pontot: $P(b, a^b)$. A P pontot úgy tudom mozgatni az $f(x)$ grafikonján, hogy egy újabb csúszka segítségével változtathatom b értékét -2 -től 3 -ig. Egy másik, a Q pont abszcisszája legyen 1-gyel kevesebb a P ponténál, és ordinátája legyen nulla: $Q(b-1, 0)$. Illesszünk a P és Q pontokra egy egyenest. Az így definiált $g(x)$ függvény képe olyan egyenes, amelynek meredeksége megegyezik a P pont második koordinátájával. A csúszka segítségével mozgassuk a P pontot az exponenciális függvény grafikonja mentén. Szépen megmutatható, ha $1 < a < 2,7$, vagy $2,7 < a$, akkor a $g(x)$ egyenes két helyen metszi az $f(x) = a^x$ exponenciális függvény grafikonját. Érdekes a csúszka segítségével a P pontot, és így vele együtt a P és Q pontokra illeszkedő egyenest is végigmozgatni a megadott tartományon ($-2 < b < 3$).

Amennyiben a hatványalapot $a = 2,7$ -re állítjuk be, láthatjuk, hogy a $g(x)$ függvény által leírt egyenes egy pontban érinti az exponenciális függvény képét, akár-hova is mozgatjuk a P pontot (3. ábra). Ez persze nem egy egzakt bizonyítás, de nagyon élvezhető szemléltetés.

Mérjük meg az e -számot!

Most egy olyan fizikai jelenséget fogunk megvizsgálni, amelyben egy fizikai mennyiség pillanatnyi változási sebessége arányos a vizsgált fizikai mennyiség pillanatnyi értékével. A vizsgálat során mérést is végzünk, és a mért adatok elemzésével igyekszünk meghatározni az Euler-féle e -számot.

A C kapacitású kondenzátor kivezetéseit kössük U feszültségre. Ekkor a lemezein $Q = C \cdot U$ elektromos töltés jelenik meg. Természetesen az egyik $+Q$, a másikon $-Q$. Ezután a rajzon látható kapcsolás alapján (4. ábra) süssük ki a feltöltött kondenzátort az R ellenálláson keresztül.



4. ábra. RC-kör az Euler-féle szám mérésére.

Egy multiméter beiktatásával nyomon követhetjük a kondenzátor feszültségének időbeli csökkenését. Az

$$U = \frac{1}{C} \cdot Q$$

összefüggés alapján belátható, hogy a kondenzátor feszültségének csökkenését az ellenálláson átáramló töltés okozza:

$$\Delta U = -\frac{1}{C} \cdot \Delta Q.$$

Az R ellenálláson kicsi Δt idő alatt áthaladó ΔQ elektromos töltést kifejezhetjük az állandónak tekinthető I áramerősséggel: $\Delta Q = I \cdot \Delta t$. Ezt felhasználva:

$$\Delta U = -\frac{1}{C} \cdot I \cdot \Delta t.$$

Osszuk mindkét oldalt Δt -vel, majd az így nyert egyenlet oldalát alakítsuk át:

$$\frac{\Delta U}{\Delta t} = -\frac{1}{C} \cdot I = -\frac{1}{C} \cdot \frac{U}{R} = -\frac{1}{C \cdot R} \cdot U.$$

A kondenzátor feszültségének időbeli változási sebessége arányos a kondenzátor pillanatnyi feszültségével. Tehát találtunk egy olyan folyamatot, amelyben egy mennyiség időbeli változási sebessége arányos a változó mennyiség pillanatnyi értékével. Első látásra igen vonzó ötletnek tűnhet úgy megválasztani a kondenzátor és az ellenállás értékét, hogy a $C \cdot R$ szorzat 1 legyen. Ekkor formálisan a

$$\frac{\Delta U}{\Delta t} = -\frac{1}{s} \cdot U$$

egyenlethez jutnánk. Az egyenletben szereplő mínusz előjel azt jelzi, hogy a kondenzátor U feszültsége időben csökken, az $U(t)$ görbe meredeksége nem 1-szerese, hanem -1 -szerese a felvett értéknek, ezért az $U(t)$ exponenciális függvény kitevőjében is megjelenik egy mínusz jel:

$$U(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{1}{s} \cdot t}.$$

Csakhogy ez a folyamat nagyon gyors lenne, nehéz lenne megfigyelni. (A kondenzátor feszültsége 1 másodperc alatt az e -ed részére csökkenne.) Lassítsuk a folyamatot! A kisülés idejét $C \cdot R$ -szeresére növeljük, az exponenciális függvényt a t -tengely mentén a $C \cdot R$ -szeresére nyújtjuk. Emiatt a feszültség-idő függvény a következő módon változik:

$$U(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{1}{R \cdot C} \cdot t}. \quad (1)$$

| 2. táblázat | | | | | |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|
| A kisülő kondenzátor feszültségének csökkenés az idő függvényében | | | | | |
| t (s) | U (V) | t (s) | U (V) | t (s) | U (V) |
| 0 | 8,77 | 50 | 6,95 | 100 | 5,49 |
| 5 | 8,57 | 55 | 6,78 | 105 | 5,36 |
| 10 | 8,39 | 60 | 6,62 | 110 | 5,24 |
| 15 | 8,21 | 65 | 6,46 | 115 | 5,12 |
| 20 | 8,00 | 70 | 6,32 | 120 | 5,00 |
| 25 | 7,81 | 75 | 6,17 | 125 | 4,88 |
| 30 | 7,62 | 80 | 6,03 | 130 | 4,77 |
| 35 | 7,49 | 85 | 5,89 | 135 | 4,66 |
| 40 | 7,29 | 90 | 5,75 | 140 | 4,54 |
| 45 | 7,10 | 95 | 5,62 | 145 | 4,43 |

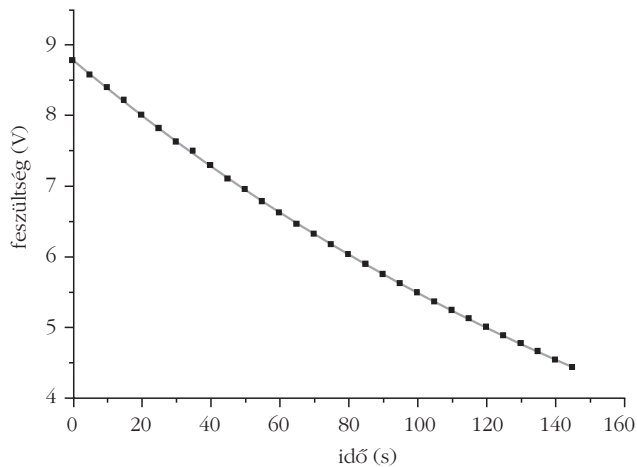
Valósítsuk meg a kisülési folyamatot! A feszültségmérő műszer kijelzőjét vegyük filmre a folyamat során, majd a felvételt megtekintve 5 másodpercenként olvassuk le a kondenzátorfeszültség értékét. A mért adatokat a 2. táblázatba foglaltam, majd a kisülő kondenzátor feszültségét ábrázoltam az idő függvényében.

A kisülő kondenzátor feszültsége szigorúan monoton módon csökken az idő függvényében. Az is feltűnik, hogy a csökkenés üteme lassul a folyamat során (5. ábra). A csökkenés sebessége feleződik a vizsgált körülbelül 2,5 percben. Amennyiben a kondenzátor feszültsége exponenciálisan csökken az időben, akkor az

$$\lg\left(\frac{U(t)}{U_0}\right)$$

lineárisan függ az időtől. Készítsük el a 3. táblázatot, majd az új grafikont.

| 3. táblázat | | | | | |
|--|--------------|---------|--------------|---------|--------------|
| A kondenzátor relatív feszültségcsökkenésének logaritmus az idő függvényében | | | | | |
| t (s) | $\lg(U/U_0)$ | t (s) | $\lg(U/U_0)$ | t (s) | $\lg(U/U_0)$ |
| 0 | 0,0 | 50 | -0,101 | 100 | -0,203 |
| 5 | -0,01 | 55 | -0,112 | 105 | -0,214 |
| 10 | -0,019 | 60 | -0,122 | 110 | -0,224 |
| 15 | -0,029 | 65 | -0,132 | 115 | -0,234 |
| 20 | -0,04 | 70 | -0,142 | 120 | -0,244 |
| 25 | -0,05 | 75 | -0,152 | 125 | -0,255 |
| 30 | -0,061 | 80 | -0,162 | 130 | -0,264 |
| 35 | -0,069 | 85 | -0,173 | 135 | -0,275 |
| 40 | -0,08 | 90 | -0,183 | 140 | -0,286 |
| 45 | -0,092 | 95 | -0,193 | 145 | -0,297 |



5. ábra. A kondenzátor feszültsége exponenciálisan csökken kisülés közben.

A 6. ábra szerint az értékpárok által meghatározott pontokra egyenes illeszthető, amelynek meredeksége

$$m = -0,00205 \text{ 1/s } (\pm 0,45\%).$$

A (1) egyenletet rendezve, majd mindkét oldal logaritmusát véve, a következőt kapjuk:

$$\lg\left(\frac{U}{U_0}\right) = -\frac{\lg e}{R \cdot C} \cdot t,$$

amelynek meredeksége

$$m = -\frac{\lg e}{R \cdot C}.$$

Az e -szám kifejezhető az m meredekséggel:

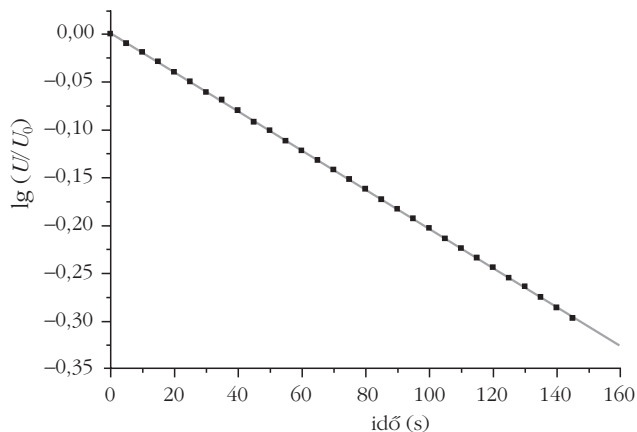
$$\lg e = -m \cdot R \cdot C.$$

A mérés során használt ellenállás értéke $R = 82 \text{ k}\Omega$, a kondenzátor kapacitása $C = 2200 \text{ }\mu\text{F}$. Behelyettesítés után:

$$e = 10^{-m \cdot R \cdot C} = 2,34.$$

Ez körülbelül 14%-kal kisebb az Euler-féle szám valódi értékénél.

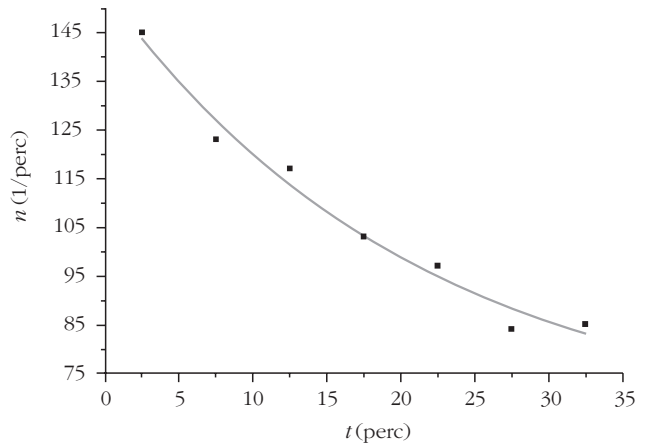
6. ábra. A kisülő kondenzátor relatív feszültségének logaritmus lineárisan függ az eltelt időtől.



4. táblázat

A beütésszám-intenzitás csökkenése az idő függvényében

| t (perc) | n (beütés/perc) |
|------------|-------------------|
| 2,5 | 145 |
| 7,5 | 123 |
| 12,5 | 117 |
| 17,5 | 103 |
| 22,5 | 97 |
| 27,5 | 84 |
| 32,5 | 85 |



7. ábra. A háttértől megtisztított, radioaktív bomlásból származó beütésszám-intenzitás exponenciálisan csökken az idő függvényében.

Radioaktív bomlás vizsgálata

A radioaktív bomlás véletlenszerű jelenség. Azt nem tudjuk megmondani, hogy melyik atommag mikor fog elbomlani, de megállapítható, hogy egy atommag mekkora valószínűséggel bomlik el a következő 1 másodpercben. Ez a fizikai mennyiség a λ -val jelölt bomlási állandó, mértékegysége 1/s. Ennek alapján felírhatjuk a radioaktív magok ΔN számának változását Δt idő alatt:

$$\Delta N = -\lambda \cdot N \cdot \Delta t.$$

Azt látjuk, hogy a radioaktív magok száma olyan mennyiség, aminek változása arányos annak pillanatnyi értékével. A korábban vizsgált kondenzátor feszültsége kisülés közben hasonló tulajdonságú mennyiség volt. Az ott leírtak analógiájaként megállapíthatjuk a radioaktív magok számának időfüggését:

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}. \quad (2)$$

A radioaktív bomlást a legtöbb középiskola szertárában megtalálható Geiger–Müller-számláló segítségével tanulmányozhatjuk, és a mért adatok segítségével a bomlási állandó meghatározható. Radioaktív mintát igen könnyedén előállíthatunk, például a következő módon: egy porszívó csövét néhány réteg gézzel kössük be. Üzemeltessük a gépet fél-egy órán keresztül egy rosszul szellőző helyiségben, például egy pincében. Ügyeljünk arra, hogy ne a padlóról szívjuk fel a port, hanem a porszívó csövét körülbelül 1 méter magasan tartva áramoltassuk át rajta a helyiség levegőjét. Amíg a porszívó dolgozik a pincében, addig a tanteremben megmérjük a háttérsugárzást. Több mérés átlagát véve a háttérsugárzás $27 (\pm 5)$ beütés/perc-nek adódott. A porszívót kikapcsolva, meglepődve tapasztaljuk, hogy a rajta átáramoltatott levegő mennyi port hagyott a gézen, a fehér anyagon egy kör alakú fekete folt jelent meg. Most helyezzük a radioaktív mintánkat a GM-cső ablaka alá. Ismét mérjük a beütésszámot egyperces intervallumokban, majd a háttér értékeit levonva, az adatokat foglaljuk táblázatba. Az így nyert adatok igen nagy fluktuációt mutatnak, gyakorlatilag feldolgozhatatlanok. Emiatt cél-

szerű az adatokat 5 perces intervallumokra mozgóátlagolni, azaz az egymást követő 5 perces időintervallumokra vegyük az adatok átlagát, és azt a középső időponthoz rendeljük hozzá (4. táblázat)!

A beütésszám-idő függvény grafikonját (7. ábra) szigorúan monoton csökkenőnek kell látnunk. Azonban amikor az aktivitás már annyira csökken, hogy a bomlás miatt várható beütésszám-csökkenés kisebb lesz a beütésszámok statisztikus szórásánál, ez a monoton csökkenés megszűnhet. Erre látunk példát a 32,5 percnél mért értéknél.

Érdekes a másodpercenkénti beütésszámok természetes alapú logaritmusát is ábrázolni (8. ábra) az idő függvényében.

Az $\ln(n) - t$ összetartozó értékei által meghatározott pontokra egy egyenes illeszthető:

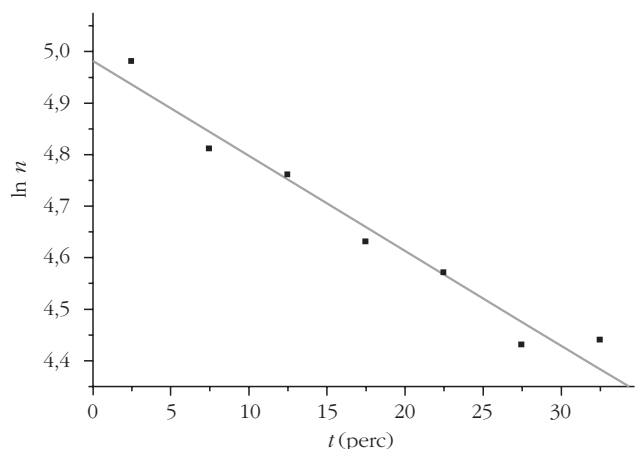
$$\ln n = m \cdot t + \ln n_0,$$

amelynek meredeksége:

$$m = -0,01836 \text{ 1/perc } (\pm 0,002 \text{ 1/perc}).$$

Léteznek egyenesek illesztésére alkalmas programok (például Origin, Excel), amelyek a paraméterértékek mellé a standard hibát is megadják. Az Origin prog-

8. ábra. A 7. ábrán szereplő beütésszámok logaritmusai lineárisan függ az időtől.



ramot használtam. Vegyük a (2) egyenlet mindkét oldalának természetes alapú logaritmusát, majd azt rendezve kapjuk:

$$\ln N = -\lambda \cdot t + \ln N_0.$$

Miután az n beütésszám arányos a radioaktív magok N számával, a két idő szerinti lineáris függvénykapcsolat meredeksége egyenlő:

$$\lambda = -m = 0,01836 \text{ 1/perc } (\pm 0,002 \text{ 1/perc}).$$

A bomlási állandó ismeretében meghatározható a radioaktív mintánk felezési ideje:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = 38 \text{ perc } (\pm 3 \text{ perc}).$$

Ez természetesen a radioaktív mintánk effektív felezési ideje, ami több anyag (a radon és leányelemei; polónium, bizmut, ólom) együttes aktivitásának jellemzője.

Más alkalommal elvégzett mérés nagyságrendileg hasonló, de nagy valószínűséggel más eredményt adna.

A radonproblémáról részletesen lehet olvasni *Piláth Károly* tanár úr interneten elérhető diáin [1].

◆

Ebben az írásban arra vállalkoztunk, hogy az iskolában háttérbe szorult, mégis időnként felbukkanó Euler-féle e -szám természetét jobban megvilágítsuk. Elemi matematikai eszközök segítségével függvény-tani értelmezést kerestünk és találtunk, hiszen a fizikai alkalmazások ezt igénylik.

Köszönetnyilvánítás

Köszönöm *Sükösd Csabának* (BME) és *Vigh Máténak* (ELTE) a cikk elkészítése során nyújtott segítségüket.

Irodalom

1. <https://indico.cern.ch/getFile.py/access?contribId=40&sessionId=1&resId=1&materialId=slides&confId=253187>

HÁTHA JÓ LESZ MÉG VALAMIRE

– avagy leszerelt elemek, amelyek nem erre lettek teremtve,
de megelevenednek kezemben

Jendrék Miklós

Boronkay György Műszaki Szakközépiskola,
Gimnázium és Kollégium, Vác

A köznevelés egyik fontos feladata a fiatalok környezettudatos magatartásának kialakítása. A legjobb, ha ebben is személyes példát mutatunk. Mielőtt tönkrement vagy szükségtelemé vált tárgyainktól megszabadulunk, gondoljuk végig, nem lehetne-e a kidobásra szánt eszközt vagy annak elemeit valami más célra felhasználni. Komoly elhatározás, egy kis kreativitás, kitaláló próbálkozás – előbb vagy utóbb – sikerre vezet. Gondoljunk csak *Öveges* professzorra, aki szinte a semmiből milyen nagyszerű kísérleti eszközöket tudott fabrikálni! A gyakran idézett „semmiből nem lesz semmi” kedvenc jelmondata [1] mintájára fogalmazhatjuk meg a most is aktuális célkitűzést: „bármiből lehet még valami”.

Törött kancsó nem vén kancsó

A fizikában a kísérletezés mellett fontos szerep jut a megfigyelésnek. Míg az előbbi kreativitáson túl bizonyos tárgyi és anyagi feltételekhez kötött, a megfigyelés nem igényel mást, csak azt, hogy nyitott szemmel járjunk, vegyük észre, ha valami érdekes történik körülöttünk. Néha hanyagságunk vagy ügyetlenségünk is hasznunkra lehet. Amikor egy véletlen mozdulattal a konyhaasztalról szerencsésen lesodortam egy vastag falú vizeskancsót, az első – következményeket felmérő – gondolatsort követően arra lettem figyelmes, hogy a

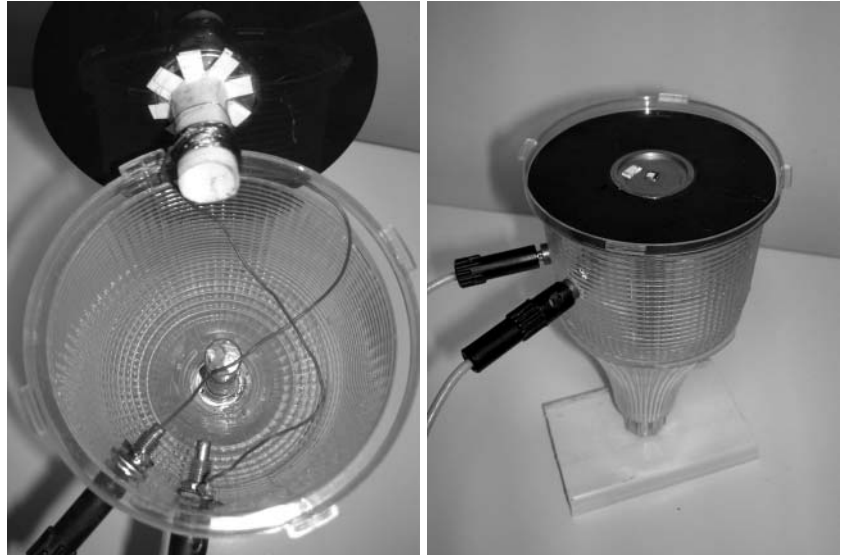
kancsó földi maradványai közül az egyik darab még jó fél perc múlva is az oldalán fekvé előre gördült, majd hátra. Több másodperces periódusidővel ismétlődött meg a mozgás. A törés okozta enyhe aszimmetria miatt a tömegközéppont az eredetihez képest kissé eltolódott. A keletkezett törésvonalak jól illeszkednek a síkhoz. A közel félkör alakot valószínűleg a becsapódás-kor a kerület mentén kialakuló állóhullámok eredményezték. A duzzadóhelyek vetettek véget a kancsó konyhai pályafutásának (*1. ábra*).

1. ábra. Az egykori kancsó.



Kerti lámpából hangszóró

Hozzávalók: egy borotvanyél, kerti napelemes lámpa műanyag elemei, floppy-lemez, merevlemez, egy darab mágnes és pár méter vékony rézhuzal. A lámpa fő tartozéka – a napelem – már alkalmazásra lett egyéb fotoakusztikus kísérletekben [2]. A borotvanyél pont beleillett a lámpa tölcészerűen szűkülő részébe. A végére jól ráillett egy erős neodímium mágnes. A 200 menetes, vékony rézhuzalból készült tekercset a floppy-lemez korongjára ragasztottam (2. ábra). A borotvanyél pozicionálásával állítható be a mágnes és a tekercs egymáshoz viszonyított optimális helyzete. Jobb akusztikai paraméterek érhetők el, ha egy szét szerelt merevlemez egyik (vagy mindkét) korongját ráhelyezzük a floppy-ra. Az eszköz, természetesen, mikrofon üzemmódra is fogható.



2. ábra. Napelemes lámpából készült hangszóró.

dolható, asztalra fektetett csupasz hangszóróra (4. ábra). Meglepően javult a hangminőség. Főleg a mély hangokra volt jó hatással a rezonátor [3].

„Mágneses” folyadék

A gázkazán cseréje nem örömteli esemény, főleg, ha mindez a fűtési szezonban történik. De nézzük a dolog jó oldalát! Egy ilyen eset rendkívüli alkalom a fűtőrendszer alapos átmosására, tisztítására. Meglepően fekete víz folyt ki a csövekből. Megtöltöttem vele egy műanyagpalackot. Hetek teltek el, míg az iszap-szerű anyag leülepedett. Az üledék apró szemcséi könnyen mozgathatók kívülről egy mágnes segítségével. Az edény falára mintákat lehet rajzolni. Egy kis fantáziával más érdekes kísérletek elvégzésére is alkalmas lehet (3. ábra).



3. ábra. Mágneses folyadék.

Akusztikus rezonátor

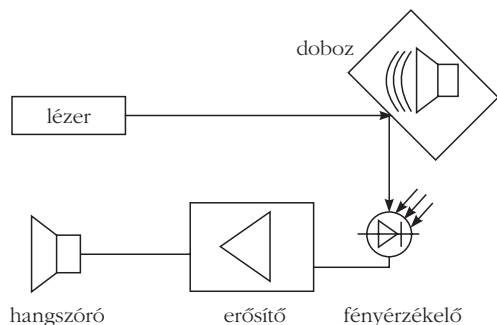
Egy olyan henger alakú fémdoboznak kerestem alkalmazást, amely korábban egy palack ital lakóhelye volt. Előbb egy pár centiméter átmérőjű nyílást vágtam a doboz alján, a tetejét pedig gumilappal zártam le. Füstkarikás kísérletekhez szántam az eszközt. A működése nem volt kielégítő, ezért több átalakítást követően teljesen eltávolítottam az alját. A hengert ötletszerűen ráhelyeztem a túl jó akusztikával nem vá-

Még egy konyhai kísérlet

Egyik napsütéses reggelen arra lettem figyelmes, hogy egy kerek tálnban lévő víz milyen szépen veri vissza a falra a fényt. Csakhogy a folt nem volt mozdulatlan: minden apró, asztalt érő mechanikai hatás gyönyörű állóhullámokat produkált. Egy ideig még kocogtattam az asztal lapját, de közben a Nap odébb állt. Elhatároztam, hogy megismétlem a kísérletet „laboratóriumi” körülmények között. Napfény helyett lézerefényt használtam. Szerettem volna hallható tartományú hangfrekvencián működtetni a „berendezést”, de a víz túl lomhának bizonyult, nem sikerült a nagy amplitúdójú, látványos állóhullámok előállítására. Ekkor jött az ötlet, hogy víz helyett rezgetessünk valami könnyű fényvisszaverő felületet. Jó választásnak

4. ábra. Akusztikus rezonátor.





5. ábra. Opto-akusztikus jelátalakító vázlata.

bizonyult a borotvapenge. Amellett, hogy elég jól visszaveri a fényt, meglehetősen jó rugalmassági tulajdonságokkal és kis tehetetlenséggel bír. Hangszóróhoz rögzítve állóhullámok alakulnak ki rajta. A visszavert lézerefény csodálatos mintákat rajzol ki a falra. Megfelelő frekvenciaarányok esetén jól megfigyelhetőek a Lissajous-görbék.

„Lehallgató készülék”-modell

Az előző kísérlethez kapcsolódó – hangjelek többszintű átalakítását megvalósító – eszközt nevezhetnénk opto-elektro-akusztikus átalakítónak is. Elkészítéséhez helyezünk egy hangforrást (hangszórót, MP-3 lejátszót) egy akváriumba, vitrines szekrénybe vagy egy plexidobozba. Lézerefényt irányítsunk az üvegre. A visszavert fény útjába helyezünk egy fényérzékelővel (fotodióda, tranzisztor) ellátott mikrofonerősítőt [3]. A kísérlet vázlata az 5. ábrán látható. A visszavert fény amplitúdója a visszaverő felület rezgésével

arányosan változik (amplitúdómoduláció). A fényérzékelő elektromos jelekké, a hangszóró hanghullámokká alakítja a fény rezgéseit. Ily módon többszörös átalakuláson megy át a hang: akusztikus rezgésből modulált fényjel, abból elektromos váltakozó áram, majd újra mechanikus (akusztikus) hullám lesz. Ha a kimeneti hangszóró akkora intenzitású hangot kelt, hogy hatást gyakorol a dobozra, pozitív visszacsatolás jön létre. A rendszer – hangszóróhoz közelkerülő mikrofonhoz hasonlóan – begerjed.

Összegzés

Érdekes kísérletek elvégzéséhez, fizikai jelenségek bemutatásához nem feltétlenül szükségesek drága, bonyolult eszközök. Mivel környezetünk a természet törvényei szerint működik, a fizikáért sem kell a szomszédba mennünk. Elég, ha nyitott szemmel járunk, és észrevesszük a csodák kimeríthetetlen sokaságát, amit fizikának nevezünk. Egyszerű eszközök felhasználásával végzett kísérletek igen tanulságosak és szórakoztatóak. Kiválóan alkalmasak a kreativitás fejlesztésére, és segítenek a környezettudatos magatartás elsajátításában. A fenti kísérletekről készült videók megtalálhatóak az Interneten [4].

Irodalom

1. <http://www.ma.hu/tart/rcikk/f/0/133789/1>
2. <http://boronkay.vac.hu/site2010/controller/print.php?type=article&id=349>
3. Jendrék M.: Látható hangok, hallható fények. *Fizikai Szemle* 62/3 (2012) 96–100.
4. <https://sites.google.com/site/anket53/>

OKOSTELEFONOK A FIZIKAOKTATÁSBAN

Medvegy Tibor
ELTE, Természettudományi Kar
Pannon Egyetem, Mérnöki Kar

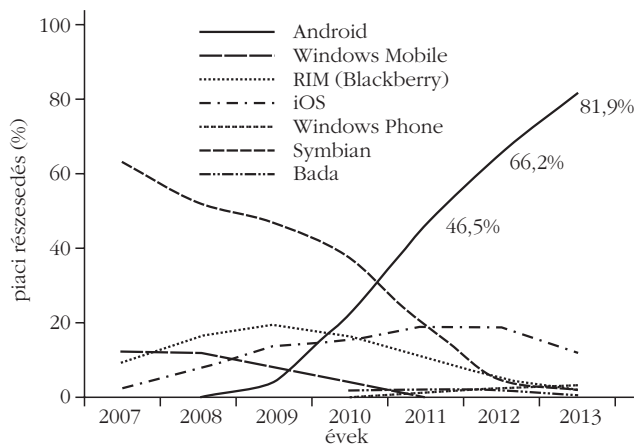
A modern kor kommunikációs és szórakoztató ipari eszközei egyre inkább belopják magukat a tanulók életébe. Mára már a legtöbb középiskolai osztályban nem is egy olyan fiatal akad, aki rendelkezik okostelefonnal vagy tábla PC-vel. Ezek a hardverek számos olyan szenzort és az abból érkező adatok feldolgozására használható szoftvert tartalmaznak, amelyek – felhasználhatóságuk szempontjából – vetekedhetnek a fizikaszertárak eszközeivel.

Okostelefonok és az Android

Általánosságban a PC-szerű funkciókkal bíró mobiltelefonokat nevezzük okostelefonnak, vagy smartphonének (az Apple cég által gyártottakat iPhone-nak). Az okostelefonok rohamos terjedésével lassan a tanulók

legtöbbjének zsebében ott lapul egy olyan eszköz, amelynek számítási kapacitása bőven túlszeli a NASA gépeinek kapacitását a Holdra szállás évében. Ezek a szerkezetek processzort, belső memóriát és háttértárat tartalmaznak, a vezérlést pedig érintőképernyőn keresztül oldják meg. A legtöbb készüléket felszerelik még GPS-szel, kamerával, WiFi és Bluetooth kommunikációs lehetőséggel, és ami számunkra talán a legfontosabb: különféle szenzorokkal. E komplex hardver irányításához természetesen megfelelő operációs rendszerre van szükség, amely mindezeket a funkciókat kezeli. Ahogy az elmúlt évek folyamán, jelenleg is komoly csata zajlik a fejlesztők között.

Az 1. ábrán látható az egyes operációs rendszerek piaci részesedése. A 2013. harmadik negyedéves adatok alapján [1] jelenleg egyértelműen az Android dominál a maga 81,9%-ával, így egyértelmű, hogy első-



1. ábra. Operációs rendszerek piaci részesedése.

sorban mely rendszeren futó programokkal érdemes foglalkoznunk. Az Android operációs rendszerekre írt – ingyenes és fizetős – applikációk tárházát érhetik el a telefontulajdonosok az internetre csatlakozó mobiljukon keresztül. Ezt a funkciót az Android esetében Google Play Áruháznak nevezik. Mivel a Google Play-en elérhető alkalmazások száma 2013 nyarán lépte át az egy milliőt, így nem is remélhetjük, hogy e cikk a fizikaoktatás számára felhasználható szoftvereket a teljesség igényével mutassa be.

Az okostelefon mint segédeszköz

A fizikaoktatásban – ahogy persze más tárgyak esetén is – az okostelefonokat mint segédeszközöket alkalmazhatjuk. A stopper- és számológép-funkciók a régebbi telefonokban is rendelkezésre álltak, de míg a számológépek esetén csak az alapműveletek elvégzésére volt beépített szoftver, az okostelefonokra már telepíthetünk tudományos számológép funkciókkal ellátott programot (például *RealCalc*). Lementhetünk különféle adatbázisokat, mint például az *ElectroDroid* és a *Periodic Table* nevű applikációkat. Az előbbi ellenálláshővezetési táblázatokról IC-lábkiosztásokon át logikai kapuk igazságtáblázatát valamint fajlagosellenállás-adatokat is tartalmaz. A *Periodic Table* nevű alkalmazás, mint az a nevéből kitalálható, a periódusos rendszer minden adatát és annál még jóval többet is magában foglal. Természetesen a fizika alapösszefüggéseit tartalmazó szoftverek is léteznek. Ilyen alkalmazás a *Pocket Physics*, amely képletekből és az azokhoz tartozó rövid szöveges ismertetőkből áll.

A továbbiakban a Google Play-ről letölthető, minden esetben ingyenes és kipróbált szoftverek neveit *dőlt betűvel* fogom jelölni. Ha szeretnénk kipróbálni az alkalmazásokat, ezeket a neveket kell a Google Play keresőjébe beírni és telepíteni az adott telefonra. Az applikációk angol nyelvű bővebb leírásai a Google Play honlapján megtalálhatók [2].

Megfelelő módon felhasználva a telefonok hangszórói is használhatók segédeszközként. Gondoljunk csak a Mikola-csővel végzett mérésekre, ahol a metronóm ütemére jelöljük be a buborék adott időpontban elfog-

lalt helyét. Metronóm híján azonban használhatjuk a telefonra telepített virtuális eszközt is. A *Mobile Metronome* alkalmazás segítségével beállíthatunk bármilyen ütemet, amelyre elvégezhetjük a kísérletet. A hangszóró felhasználásának másik lehetősége a *Pro Audio Tone Generator* nevű programmal érhető el. Itt előre beállított frekvenciákon szólaltathatjuk meg a hangszórót, bemutatva a hallható hangok intervallumát.

Az okostelefon mint mérőeszköz

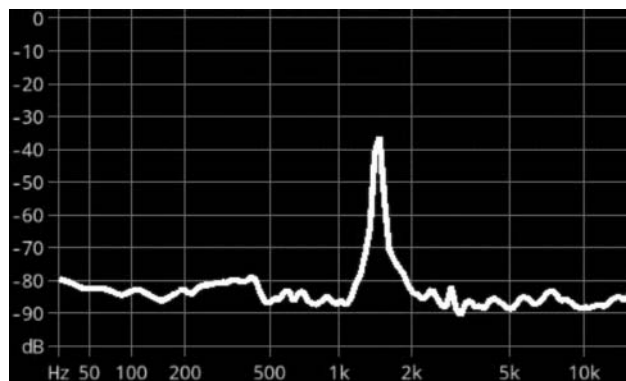
Ahogy a cikk elején is említettük, az okostelefonokat különféle érzékelőkkel szerelik fel. A továbbiakban az egyes szenzorok által nyújtott lehetőségeket mutatjuk be.

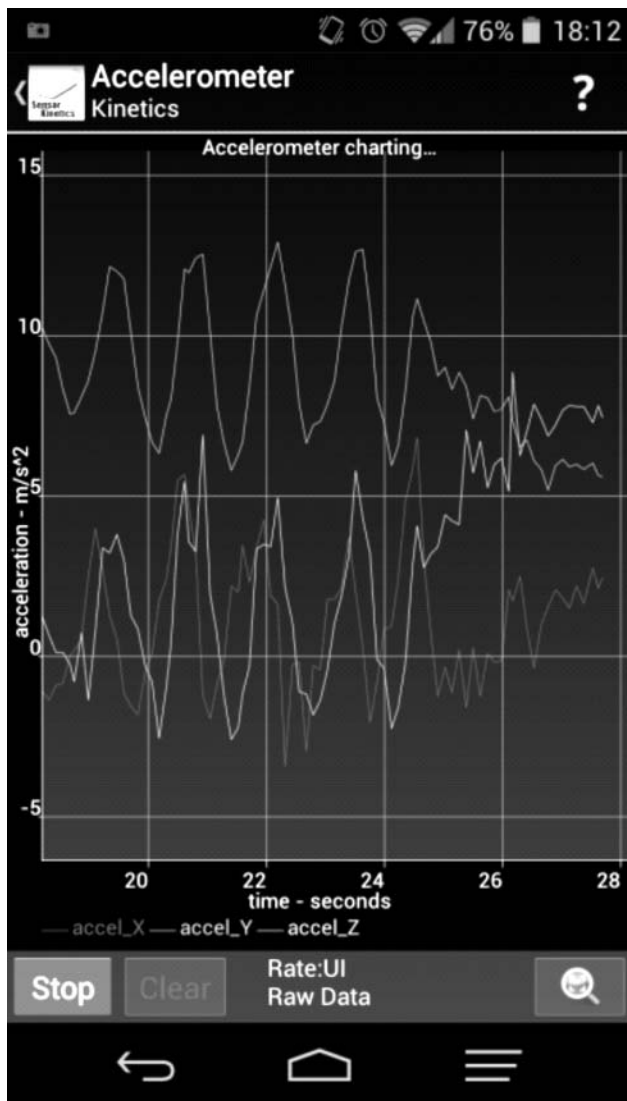
Egy telefon legfontosabb érzékelője természetesen a mikrofon, az általa szolgáltatott adatokat pedig különféle analízisnek vetethetjük alá. Mérhetjük például hangforrások erősségét különböző távolságokból a *Sound Meter* nevű alkalmazás segítségével. Frekvenciaanalízáló programok (*FrequenSee* vagy *RTA Analyzer*) felhasználásával bemutatathatók, hogy a környezetünkben előforduló zajok melyik frekvencián a legintenzívebbek. A 2. ábrán például az látható, ahogyan a háttérzajból kitűnik az emberi füttyülés.

A *Sonar* nevű alkalmazással a szonár működését szemléltethetjük, telefonunk hangszórója ilyenkor egy rövid hangjelet ad ki, amelynek a falakról és környező tárgyakra való visszaverődését a mikrofon detektálja. A detektálási időt mérve következtethetünk a tárgyak távolságára. Természetesen ez a módszer nagyon pontatlan, de a mérés elvét szépen bemutatja. Hátránya azonban, hogy csak olyan telefonokon működik jól, amelyeken a mikrofon és a hangszóró azonos irányba néz.

Az okostelefonok ma már nélkülözhetetlen szenzorra a háromtengelyes gyorsulásmérő, amellyel a telefon döntöttségének mértékét határozhatjuk meg a gravitációs gyorsulás irányához képest. Ezt használja az okostelefon, amikor elforgatja a képernyőnét a telefon forgatása esetén. Természetesen ezzel a szenzorral számtalan mérést végezhetünk el, hiszen például a *Sensor Kinetics* alkalmazás képes valós időben grafikonon megjeleníteni, illetve később elmenteni a

2. ábra. A *FrequenSee* alkalmazás és az emberi füttyülés.





3. ábra. A Sensor Kinetics alkalmazás a telefon forgatása közben.

telefon gyorsulásának pillanatnyi értékeit. Ezáltal mérhetjük sportolók, biciklizők, autók mozgása során fellépő gyorsulásokat. A telefonunkat akár kiskocsikra is rögzíthetjük és mérhetjük azok ütközése során fellépő gyorsulásokat, vagy akár rezgő (rugó) vagy forgó (lemezjátszó) rendszerekre is helyezhetjük telefonunkat (3. ábra). Természetesen ilyenkor ajánlatos a telefon biztonságát is szem előtt tartani!

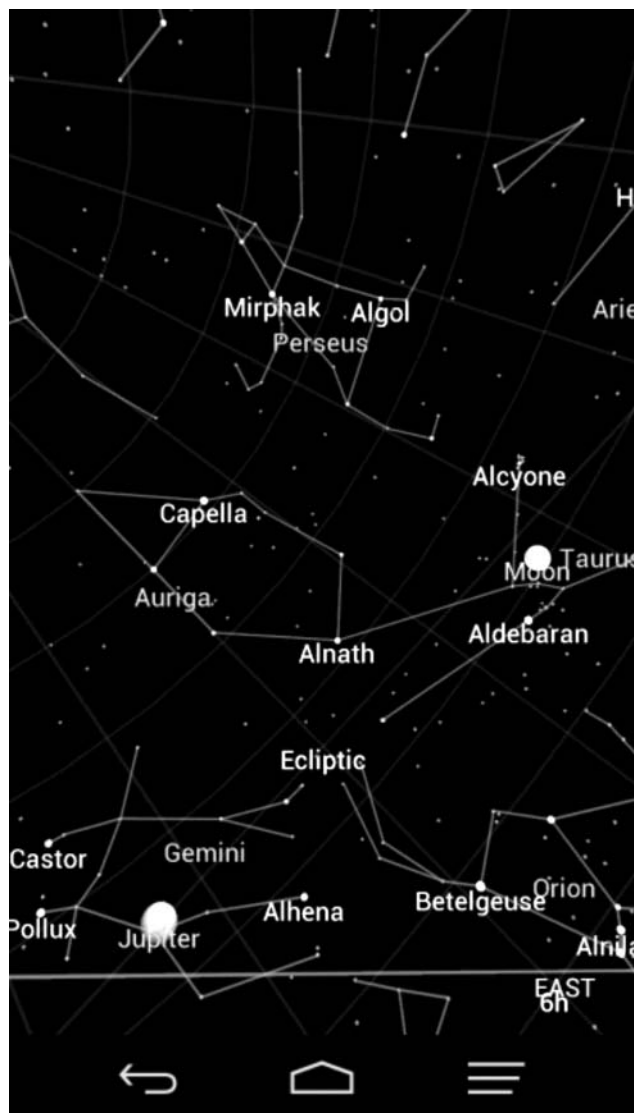
A telefon döntöttségének mérése lehetőséget ad arra, hogy egy egyszerű alkalmazást, a *Bubble*-t telepítve vízszintezővé/szögmérővé alakítsuk okostelefonunkat. Ennek segítségével gyorsan meghatározhatjuk akár egy lejtő, vagy éppen egy Mikola-cső dőlésszögét.

A harmadik szenzor, a háromtengelyes Hall-szenzoros magnetométer szintén alaptartozéknak számít a legtöbb mai okostelefon esetén. Ezen érzékelő segítségével telefonunk orientációját kaphatjuk meg a Föld mágneses tengelyének irányához képest. Használhatjuk iránytűként a *Compass* alkalmazást telepítve, vagy a gyorsulásmérő adatainak megjelenítéséhez és rögzítéséhez hasonlóan járhatunk el a *Sensor Ki-*

netics alkalmazással, csak ez esetben a magnetométert kell kiválasztanunk az applikáció menüjében. Így akár egy rezgő rendszer periódusidejét is megmérhetjük egyszerűen azáltal, hogy egy erős mágneset helyezünk a mozgó tárgyra és a telefonunkkal rögzítjük a mérhető mágneses indukció értékeit. A mágneses indukció változása hasonló periodicitást fog mutatni, hiszen a mágnes elmozdulásával változik a telefon helyén mérhető fluxussűrűség is.

Talán a legötletesebb alkalmazás mégis a *Google Sky Map*, amely a telefon gyorsulás és mágneses érzékelőinek adataiból meghatározza a telefon orientációját és megjeleníti a képernyőn az adott irányban és időben látható csillagos eget, csillagképeket és bolygókat (4. ábra). Ezen alkalmazás segítségével könnyedén elnavigálhatunk az égbolton, megtalálhatjuk a bolygókat és a csillagképeket. A telefont a padló felé irányítva pedig akár a déli égboltot is szemügyre vehetjük. Ezen alkalmazás segítségével, sokkal interaktívabbá tehetjük a csillagászati témájú óráinkat.

4. ábra. A Google Sky Map alkalmazás a kép készítésekor látható égboltról.



A negyedik szenzor – amellyel foglalkoznunk kell – nem más, mint a már régebbi típusokban is feltűnt digitális kamera. A *Smart Measures* alkalmazás használatakor a kamerát a mérendő tárgy alá vagy tetejére kell irányítanunk, ekkor a telefon gyorsulásmérője által szolgáltatott adatok alapján képes kis hibával megadni egy tárgy távolságát vagy magasságát. Ezen adatok a kamera talajtól mért magasságának (ezt meg kell adnunk) és vízszinteshez képesti döntősségének ismeretében kiszámíthatók.

A kamera és a *Speed Gun* nevű applikáció segítségével képesek lehetünk egy mozgó tárgy hozzávetőleges sebességének mérésére. Ehhez nem kell mást tennünk, mint megadni a mozgó tárgy távolságát, majd a mozgás során, az érintőképernyőn a tárgyat az ujjunkkal követni (ekkor a kamera által látott képet mutatja a kijelző). A kamera látószögének és a mozgást végző test távolságának ismeretében a szoftver megadja a becsült sebességet. A módszer természetesen elég pontatlan, de egy kis gyakorlással könnyen megmérhető egy autó, egy kerékpáros, vagy például egy futó sebessége. A *Real Speed Gun* alkalmazás használata során először a mérendő útszakasz két végére „célzunk” a kamerával (5. ábra). Ezzel a *Smart Measures* alkalmazásnál ismertetett módon a szoftver meghatározza a mérendő utat. A sebesség méréséhez már csak időadatra van szükségünk, ehhez a mozgó tárgyra kell irányítanunk a kameránkat és követnünk kell vele a mozgása során.

Habár a *Heart Rate Monitor* alkalmazás nem tartozik közvetlenül a fizika témakörébe, azért ötletessége miatt mégis érdemes megemlítenünk. Ez az applikáció ugyanis a kamerára szorított ujjunkon keresztül a háttérfényből átjutó fényerő méréséből képes meghatározni a pulzusunkat, hiszen ujjunk „átlátszósága” a pulzusunk következtében folyton változik és ez a periodicitás mérhető a fényerősségben.

A legtöbb telefon tartalmaz továbbá egy gyenge infravörös LED-et, illetve egy hozzá tartozó szenzort is. Ezek általában a telefon képernyője felett helyezkednek el és arra hivatottak, hogy amikor telefonáláskor a fülünkhöz emeljük a készüléket, a fejünkről visszaverődő fényt a szenzor érzékeli, és ekkor kikapcsolja a képernyőt, így az nem fogyaszt áramot a beszélgetés alatt. Ezt a szenzort is felhasználhatjuk a fizikaórán például a *Proximity Sensor Finder* applikáció segítségével, ugyanis ez a szoftver képes mérni, hogy mennyi ideig van egy tárgy a LED-szenzor páros előtt, így akár egy elguruló kiskocsi, vagy egy lengő ingatest áthaladási idejét is megmérhetjük vele. A kitarakó test méretének ismeretében könnyen kiszámíthatjuk a test sebességét.

Néhány újabb modell rendelkezik még hőmérséklet mérésére is alkalmas szenzorral, de amennyiben nekünk csak egy egyszerűbb eszköz áll rendelkezésünkre, akkor sem kell feltétlenül lemondanunk a hőmérsékletmérés lehetőségéről, amennyiben segítségül hívjuk a *Thermometer* nevű alkalmazást. A biztonság érdekében minden telefon képes mérni ugyanis az akkumulátorának hőmérsékletét, amely éppen megegyezik a telefon hőmérsékletével abban az esetben, amikor



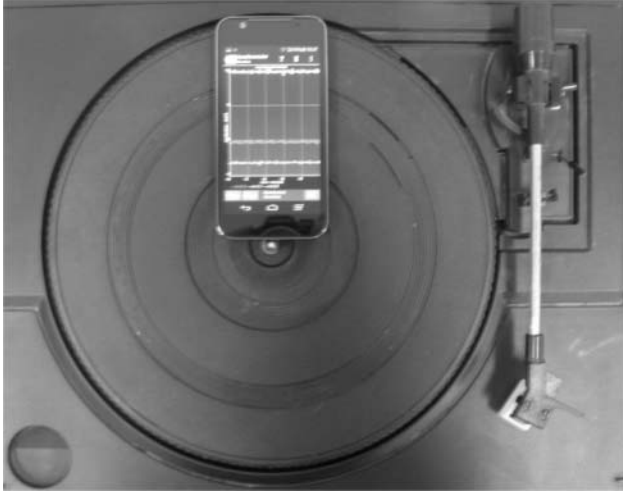
5. ábra. A *Speed Gun* alkalmazás (Google Play – Speed Gun).

éppen csak felébresztjük telefonunkat hosszabb alvó állapotából. Ezt a szenzort sajnos előzetes kalibrációval is csak nagy pontatlansággal alkalmazhatjuk.

Egyes telefonok további érzékelőkkel is fel lehetnek szerelve, például nyomás, páratartalom vagy fényerősség mérésére alkalmas szenzorokkal, illetve giroszkóppal is. Ezen szenzorok által szolgáltatott adatokat szintén a *Sensor Kinetics* alkalmazással lehetünk képesek megjeleníteni vagy akár le is menteni.

Az alkalmazások bemutatása az osztályteremben

Egy mobiltelefon piciny képernyője természetesen nem alkalmas arra, hogy a telefonon futó alkalmazásokat osztálytermi körülmények között mutassuk be. E problémára szerencsére több megoldás is adható. Kisebb csoportokban, például szakköri foglalkozások alkalmával megelégedhetünk azzal is, hogy egyszerűen körbeadjuk a telefont, azonban egy teljes osztálynál már más eszközökhöz kell folyamodnunk.



6. ábra. Kísérleti elrendezés a gyorsulásmérő elhelyezkedésének meghatározásához.

Készülékünk képernyőjének kivetítése sajnos nem olyan egyszerűen oldható meg, mint egy PC esetében. Szerencsére létezik megfelelő alkalmazás, amellyel képesek lehetünk egy PC-n megjeleníteni telefonunk kijelzőjének valósídejű képét, majd a PC képernyőjét a szokásos úton vetíthetjük ki egy projektor segítségével. Ezt a módszert azonban csak az informatikában járatosabb kollegáknak ajánljuk. Az erre a célra fejlesztett *Droid@Screen* alkalmazás használatának részletes angol nyelvű leírását a szoftver honlapján érhetjük el [3].

Az előbbinél lényegesen egyszerűbb megoldás, ha a tanulók telefonjait is bevonjuk az óra menetébe. A felhasználható telefonok számát figyelembe véve csoportokat alakíthatunk ki, és amennyiben van nyílt hozzáférésű vezeték nélküli internet az iskolában, azon keresztül tanulóink az adott alkalmazást gyorsan telepíthetik. Internet-hozzáférés hiányában előre megkérjük a telefontulajdonosokat, hogy ezt még otthon végezzék el.

A harmadik megoldási lehetőség az, hogy a mért adatokat számítógépre exportáljuk és azokat kivetítve a gépen vagy a táblánál értékeljük ki. Az adatexportálás lehetősége a legtöbb említett szoftver esetén elérhető. Egyéb esetekben pedig egyszerűen képernyőmentéseket készíthetünk telefonunkról például az *Easy Screenshot* alkalmazás segítségével. (Így készültek a cikkben látható képek is.)

Terjedelmi okok miatt nem áll módunkban részletes példát adni az összes alkalmazás használatára, azonban egy kiragadott eseten keresztül szemléltetjük, hogy miként épülhet be az okostelefon egy fizikai mérésbe.

Határozzuk meg, a telefonunkban lévő gyorsuláserzők helyét!

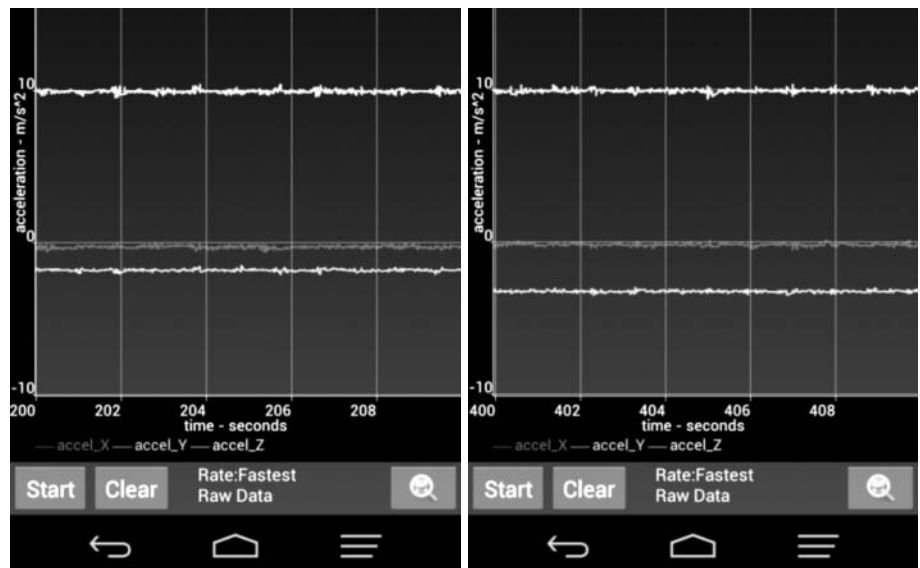
Ehhez a méréshez szükségünk lesz egy lemezjátszóra, illetve fel kell telepítenünk a *Sensor Kinetics* alkalmazást a telefonunkra. Telefonunkat a 6. ábrának megfelelően helyezzük a lemezjátszóra, majd indítsuk el a mérést! A lemezjátszót bekapcsolva azt tapasztalhatjuk, hogy egy vagy két tengely mentén a körmozgás következtében megváltoznak a mért gyorsulások értékei. Próbálgatással helyezzük el a telefont úgy, hogy csak az egyik tengely mentén tapasztaljunk gyorsulásváltozást a lemezjátszó működtetésekor. A mérést rövid ideig futni hagyjuk, majd azt megállítva a mért adatokat a leolvashatjuk telefonról (7. ábra), vagy azokat egy számítógépre exportálhatjuk. A 7. ábrán látható három görbe az egyes tengelyek mentén mért gyorsulásadatokat mutatja. A felső görbe a 6. ábra síkjára merőleges tengelyen mért értékeket mutatja, itt a gravitációs gyorsulás értékét láthatjuk. A középső görbe a körmozgás során fellépő gyorsulás tangenciális komponensét adja, ez természetesen jelen esetben az egyenletes körmozgás következtében zérus. Az alsó adatsor pedig a gyorsulás radiális komponensét adja meg, a későbbiekben ezt fogjuk felhasználni mérésünkhöz.

A fordulatszámok ismeretében meghatározhatjuk a lemezjátszó két forgatási sebességéhez tartozó szögsebességét, majd a mért gyorsulások értékeinek behelyettesítésével megkaphatjuk a szenzor forgástengelytől mért távolságát.

| n (1/min) | ω (1/s) | a_{cp} (m/s ²) | r (m) |
|-------------|----------------|------------------------------|---------|
| 33 | 3,456 | 1,75 | 0,147 |
| 45 | 4,712 | 3,25 | 0,146 |

A mérést elvégezhetjük szakköri alkalmakkor, de a képernyő képét kivetítve akár tanórai keretek között is. A 6. és 7. ábrákat – vagy ahhoz hasonlóakat – akár házi feladatként is adhatjuk diákjainknak, hiszen amennyiben megadjuk például a telefon pontos mé-

7. ábra. Mért gyorsulásadatok különböző fordulatszámok esetén.



retét, úgy a méréskiértékelés már egy vonalzó segítségével történhet akár a képek alapján is. Erről a módszerről a [4] cikkben olvashatnak bővebben.

Összefoglalás

Az okostelefonok felhasználásának még egy nagy előnyét meg kell említenünk: mindig kéznél vannak. Nem igényel óra előtti felkészülést, előzetesen csak egyszer kell telepítenünk a kívánt alkalmazásokat és

az óráinkon már használni is tudjuk azokat. Természetesen ez az eszköz nem válthat ki egy jól felszerelt szertárt, azonban kiegészítheti azt.

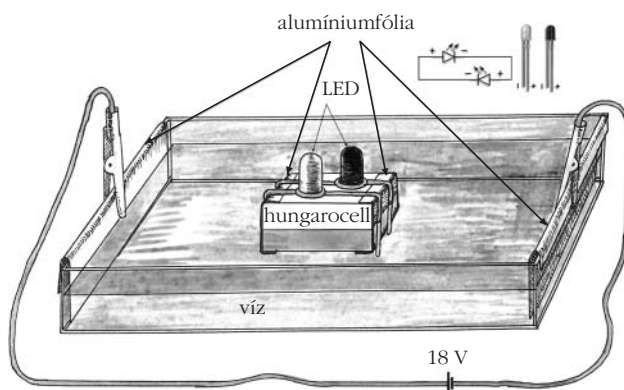
Irodalom

1. <http://www.gartner.com>
2. <https://play.google.com/store>
3. <http://droid-at-screen.ribomation.com>
4. Teiermayer A.: Kísérletek, fényképek és videofelvételek alkalmazása a fizikaoktatásban. *A fizika, matematika és művészet találkozása az oktatásban, kutatásban*. Konferencia-kiadvány, Budapest, 2013. 285–290. old. (pdf formátumban letölthető: <http://fiztan.phd.elte.hu>)

A SONS 2013-RÓL HOZTAM

A Science on Stage (Tudomány a Színpadon, SONS) fesztiválokon – így a 2013. évin is – elsőként mindig szomszédos országok standjait szoktam felkeresni, mert több éves tapasztalataim alapján ott mindig található valamilyen utánépítésre alkalmas kísérleti eszköz. Ez évben sem csalódtam, amikor megnéztem a szlovák fizikatanárok asztalát. Ott fedeztem fel egy nekem nagyon szimpatikus kis berendezést, amelyet *Ludmila Onderová* (Institute of Physics, Faculty of Science, University of Pavol Jozef Šafárik, Košice) mutatott be. A kis csoda egy vízben úszó, és látszólag áramforrás nélkül világító LED volt. Az eszköz megépítése nagyon egyszerű, fillérekbe kerül, és garantáltan felkelti bármely korosztály érdeklődését. Amellett, hogy a látványon mindenki nagyon meglepődik, működésének magyarázatával nagyon sok fizikai ismeret közvetíthető. A kísérletben egy téglalap alapú, szigetelő anyagból készült edényben lévő vízbe a tálca két végpontjánál alufóliából készült elektródákon keresztül egyenáramot vezetünk (1. ábra). Az elektródák úgy lettek kialakítva, hogy a vízben közel homogén elektromos tér alakuljon ki (potenciálkád). Az edény hosszát és a szükséges feszültségforrást úgy kell megválasztani, hogy a vízben néhány volt potenciálkülönbség legyen mérhető centiméterenként. Ebben az esetben a LED lábait néhány cm-re széthúzva, majd megfelelő pozícióban a vízbe mártva a LED világítani kezd. A víz közismerten rosszul vezeti az áramot, de szerencsére a LED-ek működtetéséhez már néhány mA áram is elegendő. A közönséges csapvízben mindig található annyi szennyeződés, hogy a vízben lévő ionok ezt az árammennyiséget gond nélkül képesek szállítani. A LED begyújtásához szükséges feszültség az $e \cdot U = h \cdot f$ összefüggésből határozható meg. Így

Piláth Károly
ELTE Trefort Ágoston Gyakorlógimnázium



1. ábra. Kád a világító diódákkal.

piros LED esetén ez a feszültség körülbelül 1,7 V-ra adódik, míg zöld LED esetén 1,9 V szükséges ahhoz, hogy a LED világítani kezdjen.

Már csak arról kell gondoskodnunk, hogy a LED úszson a víz felszínén. Ehhez hungarocell szigetelőanyagból készíthető egy kis ladik és már kész is az úszó világítótest. A csónakra két LED is felszerelhető, így még a feszültség polaritása is jelezhető. Ebben az esetben 180 fokkal elforgatva a csónakot a piros helyett a zöld színű LED kezd el világítani. Az elektromos erővonalakra merőleges pozíció esetén a LED-ek elektródái között nincs potenciálkülönbség, így az egyik LED sem világít. Az általam utánépített változatban feszültségforrásként két sorba kapcsolt 9 V-os elemet használtam. A műanyag edény hossza 20 cm volt. A vízbe merülő elektródák távolsága pedig körülbelül 4 cm-re lett beállítva.

Irodalom

<http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/14-20-Onderova.html>

Szerkesztőség: 1121 Budapest, Konkoly Thege Miklós út 29–33., 31. épület, II.emelet, 315. szoba, Eötvös Loránd Fizikai Társulat. Telefon/fax: (1) 201-8682

A Társulat Internet honlapja <http://www.elft.hu>, e-postacíme: mail.elft@gmail.com

Kiadja az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, felelős: Szatmáry Zoltán főszerkesztő.

Kéziratokat nem őrünk meg és nem küldünk vissza. A szerzőknek tiszteletpéldányt küldünk.

Nyomdai előkészítés: Kármán Stúdió, nyomdai munkálatok: OOK-PRESS Kft., felelős vezető: Szathmáry Attila ügyvezető igazgató.

Terjeszté az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, előfizethető a Társulatnál vagy postautalványon a 10200830-32310274-00000000 számú egyezményen.

Megjelenik havonta, egyes szám ára: 800.- Ft + postaköltség.

HU ISSN 0015–3257 (nyomtatott) és HU ISSN 1588–0540 (online)

GONDOLATOK A »MODELL« FOGALOM HASZNÁLATÁRÓL

Woynarovich Ferenc
MTA Wigner FK SZFI

Korábban, a Nemzeti alaptantervvel (továbbiakban Nat) [1] kapcsolatban született *Milyen tantárgy a fizika?* című írásomban [2] már foglalkoztam azzal, hogy a Nat-ban rögzített oktatási elképzelések torzítják a fizika és a természettudományok képét akkor, amikor túlhangsúlyozzák a fizika modellszemléletét, és a természettudományok egészét, mint egymást váltó modellek és elméletek együttesét igyekeznek bemutatni. Bár már akkor is látható volt az elképzelés filozófiai háttere [3], a mindent modellnek nevező szóhasználatot, mint egyfajta divatos gyakorlatot azon az alapon kritizáltam, hogy nem tévén különbséget például korlátozott valóságűsű modellek és a sokszorosan igazolt törvények között, tulajdonképpen degradálja a tudományok eredményeit, megingatja az irántuk való bizalmat. Azóta a *Természet Világa* hasábjain lezajlott, a fizika és általában a természettudományok jellegéről, sajátosságairól szóló vita [4–9], különböző magánviták és más írások [10–12] megerősítettek abban, hogy nem egyszerűen egy divatról van szó, sokkal inkább egy jól körülírható relativista tudományfelfogás tükröződik e terjedő szóhasználatban is. Ezzel kapcsolatban szeretnék itt néhány gondolatot megosztani.

A hétköznapi józan ész szerint minden, a tudomány névre (rangjára) aspiráló tevékenység alapvető meghatározója a tárgya és az a mód, ahogy arról megbízható állításokat igyekeznek tenni, a tevékenység megítélésében pedig a legfontosabb kritérium az, hogy ez mennyire sikerül neki. Érdekes módon a tudományokkal foglalkozó meta-tudományban, az úgynevezett tudománytanulmányokban ez a szempontrendszer nem szerepel. Sok mindenről (történetiségről, szociológiai aspektusokról, kultúrantropológiáról stb.) szó esik, de a tudományos *igazságról* nem. Ez feltehetően azzal van összefüggésben, hogy a tudománytanulmányokra nagy hatást gyakorló posztmodern (tudomány)filozófiából eltűnt az igazság fogalma. Ez a filozófiai irányzat a korábbi kudarcos kísérletek után letett e – kétség kívül nagyon nehéz – fogalom megragadásáról – tulajdonképpen megkérdőjelezi a létezését is –, helyette egy olyan diskurzust működtet, ezzel együtt egy olyan világ- és tudományképet igyekeznek kialakítani, amelyben nincs is szükség az igazság fogalmára. Úgy látom, hogy ebbe a tendenciába illeszkedik a modell fogalmának egyre szélesebb körű, szinte jolly-joker szerű használata.

A Nemzeti alaptantervben a természettudományok, különösen a fizika oktatásában a modell, mint egy kulcsfogalom szerepel, szinte minden, a valóság leírására szánt elképzelés, hipotézis vagy elmélet, de még a

kipróbált szabályok és törvények is mind, mint modellek jelennek meg. Az, hogy mit minek nevezünk mindig valamifajta megállapodás kérdése, tehát ez a szóhasználat egy lehetőség – de több problémát is felvet. Fogalmainkkal kapcsolatban ugyanis legalább kettős elvárásunk van: egyrészt legyenek elég pontosan meghatározottak, másrészt elegendően differenciált leírást kell lehetővé tenniük. Meglátásom szerint a modellfogalom használatának ma terjedő, és sajnos a Nat által is támogatott gyakorlata egyik feltételnek sem felel meg. Jelen írás első felében a fogalom pontatlanságát mutatom be, a második részben pedig a differenciálás hiányával és ennek hátterével foglalkozom.

Ki mit ért modellen?

A köznyelvben a „modell” szónak a fotómodelltól a kicsinyített másolaton keresztül a különböző autómárkák évjáratáig sok jelentése van. Ezek mellett kellene a tanulók gondolkodásában kialakítani a tudományokban használt modellfogalmat, miközben e szó értelmezése a tudományokban sem egyértelmű [18]. Az alábbiakban a teljesség igénye nélkül összeállítottam egy gyűjteményt a „modell” szó különböző, a tudományos szóhasználatban előforduló, de több esetben egymásnak mégis ellentmondó jelentéseiről.

A köznyelv „modell” szavának a tudományokban használt értelmezéseihez legközelebb álló jelentése az alábbi nem teljesen triviális példával érzékeltethető. Egy repülőgép speciális módon használja az aerodinamika adta lehetőségeket a repülésre: a megfelelően kiképzett szárnyon a levegő áramlása miatt olyan erő keletkezik, aminek felfelé mutató komponense is van, ez tartja fenn a gépet. A gép helyzetének, illetve a repülés irányának stabilitását a stabilizátor szárnyak és a vezérsík biztosítják. Egy repülőgépmódel, bár sok mindenben eltér az igazi gépektől (például jóval kisebb és nem terhelhető) azért tekinthető az igazi repülők modelljének, mert repülése és annak stabilitása ugyanazon elveken alapul, mint a nagy gépeké. A frizbi, sőt, az egyszerű diszkosz is kihasználja az aerodinamikai felhajtóerőt, mégsem tekinthető repülőgépmodelleknek, mert például a stabilitást más elv (a perdület megmaradása) biztosítja. Így a modellre jellemző, hogy egy adott szempontból lényeges tulajdonságai megegyeznek az eredetivel (nagyon hasonlítanak az eredetire), miközben más tulajdonságok eltérhetnek.

Az értelmező szótár [13] szerint (*modell* címszó, 4. jelentés): „Tud Vmely jelenség, rendszer jellemzőit,

összefüggéseit kifejező, ábrázoló, jelképező logikai v. matematikai formula, képlet.” Eszerint egy jelenség szabatos matematikai nyelven való leírása modellalkotás, és ez a modellfogalom bizonyos mértékig átfedésbe hozható a törvényfogalommal is. [13] szerint (*törvény* címszó, 4. jelentés): „Az objektív világ jelenségeinek lefolyásában érvényesülő szabályszerűség. A természet, a fejlődés ~ei. Ilyen szabályszerűségeknek tudományos megfigyelésen és következtetésen alapuló megállapítása, ill. annak megfogalmazott formája.”

A hagyományos felfogásban a newtoni mechanika, a kvantummechanika vagy az elektrodinamika (stb.), bár a fenti definíció szerint tekinthető akár modellnek is, bizonyos jelenségcsoportokban érvényesülő *törvények* rendszere. A *modell* olyan valami, mint például a szilárdtestfizikában alkalmazott modellek (Ising-modell, Anderson-modell stb.). Ezek a törvényekből bizonyos szempontok szerint egyszerűsítésekkel levezetett, vagy valamifajta fizikai érzékre hivatkozva megalkotott (matematikai) struktúrák, amelyekről úgy gondoljuk, hogy a *nyilvánvaló egyszerűsítések ellenére* is alkalmasak valamely (rész)jelenség lényegét visszaadni. Egy-egy modell alkalmazhatósága jóval korlátozottabb, mint azok a törvények, amelyekből levezetjük őket, mégis azért foglalkozunk velük, mert a törvények alkalmazása (például a Schrödinger-egyenlet megoldása $6 \cdot 10^{23}$ darab Coulomb-kölcsönható elektronra) meghaladja képességeinket. Megjegyzendő, ezek a modellek – legyenek bármilyen sikeresek is – nem emelkednek a törvény rangjára. Nem egészen ilyenek a térelmélet modelljei. Ezek ugyancsak nagyon szabatosan definiált, különböző szimmetria-elvárásoknak megfelelő matematikai rendszerek, de nem származtathatók már ismert törvényekből – viszont az sem kizárt, hogy siker esetén törvénynek bizonyuljanak (Standard modell?).

A matematikai logika modellfogalmához [14] áll közel az az értelmezés, amivel *Simonyi Károly A fizika kultúrtörténete* című könyvében találkozunk: „Az alábbiakban példaképpen röviden vázoljuk J. C. C. McKinsey és P. Suppes gondolatait arra vonatkozóan, hogyan lehet a klasszikus newtoni mechanikát formalisan, a valóságtól elvonatkoztatva axiomatizálni. Ők azt vizsgálták, milyen az a logikai struktúra, amelynek egy modellje, *realizálási lehetősége* éppen a klasszikus mechanika” (kiemelés tőlem, WF) [15]. Megjegyzést érdemel, hogy míg [13] értelmezésekben a modell az absztraktabb struktúra, itt a modell az, ami egy absztraktabb szerkezet konkrét reprezentációja.

Ahogy az idézetből kiderül, *Feynman* modellfogalma [16] is határozottan szemben áll [13]-mal. Ő valamifajta szemléletes megjelenítést ért modellen, míg a matematikai képlet vagy leírás nála kifejezetten *nem modell*: „A következő kérdés az lenne, hogy vajon amikor új törvények után kutatunk ... milyen mértékben támaszkodhatunk a modellekre? Érdekes, hogy a modellek gyakran segítségünkre vannak, és a legtöbb fizikatanár modellek révén próbál olyan – a fizika iránti – érzéket kialakítani a hallgatóiban, amely képessé teszi őket arra, hogy felismerjék, hogyan kell a problémákat megoldani. De mindig kiderül, hogy a legnagyobb felfedezések végül is

elvonatkoztatnak a modellektől, és a modell nem használható. Például Maxwell elektrodinamikája eredetileg a térben jelen lévő nagyszámú elképzelt kerékre és vak-tengelyre épült. Amikor aztán sikerült megszabadulni ezektől, az elmélet jó is lett. Dirac pedig egyszerűen egy egyenlet kitalálásával fedezte fel a relativisztikus kvantummechanika helyes törvényeit. Ez a módszer egyébként nagyon hatékonynak látszik az új törvények keresésében, ami egyúttal mutatja azt is, hogy a matematika lényeges szerepet játszik a természet leírásában, és nem lehetnek eredményesek az olyan próbálkozások, amelyek a természetet filozófiai elvekkel, vagy csupán ösztönös megérzésekkel akarják kifejezni.”

Sajátos értelemben használják a modellfogalmat *Kutrovácz Gábor* és szerzőtársai *A tudomány határai* című könyvükben: „Néhány tudományos elméletet modellként – átmenetileg hasznos, *de bizonyosan nem igaz* (kiemelés tőlem, WF) magyarázó elvként – használnak a tudósok” [17]. Fontos, hogy a szerzők a tudománytörténet, tudományfilozófia és -szociológia művelői, tehát ez a modellfelfogás a tudományokkal foglalkozó tudománytanulmányok területén egy elfogadott értelmezés.

A Nat modellfogalma [13]-éhoz áll legközelebb, de látni való, a fizikusok többsége nem így használja ezt a szót. Mondandónk szempontjából különösen fontos a három utóbbi példa, ezek ugyanis a fizikáról, illetve a tudományokról szóló közismert művekből valók, tehát nem ignorálhatók, ugyanakkor ellentmondanak a Nat szerint helyes modellfogalomnak, ráadásul az utolsó kettő olyan jelentést hordoz, amely kifejezetten *leértékeli* azt, amit modellnek nevezünk.

A differenciálatlan szóhasználat filozófiai háttere

A jelenségek szabatos (matematikai) leírásának is különböző szintjei vannak (például közelítés, modell, elmélet, törvény), de a mindent modellnek nevező szóhasználat nem különbözteti meg ezeket. Ez sajnos nem valami fajta igénytelenség, hanem egy implicit (némi-
kor explicit [10]) filozófiai állásfoglalás, miszerint e leírások között nincs is lényegi különbség. Ezek ugyanis a valósághoz való viszonyukban, az „igazságtartalmukban”, annak feltételezett vagy megalapozott voltában különböznek, ha azonban ezzel a lehetőséggel nem élünk, ezt nem is tartjuk fontosnak. Megfordítva, egy olyan világban, amelyben az igazság nem értelmezhető, az ennek alapján történő megkülönböztetés is értelmetlen, és valóban minden ugyanannak nevezhető.

A valóság és a leírása közötti viszony kérdése általánosságban felvetve tulajdonképpen tudományfilozófiai *alapkérdés*, és a lehetséges válaszok két gyökeresen különböző – realista vagy instrumentalista – szemléletre vezethetők vissza. A hétköznapi gondolkozásához jól illeszkedő, a természet- és műszaki tudományos körökben általánosan elfogadott realizmus álláspontja szerint az egyes jelenségek lényege megfelelő elméletekkel megragadható, a világ pedig – az

adott „felbontásban” – olyan, amilyenek ezek (a tapasztalat által visszaigazolt) elméletek leírják, azaz a leírt dolgok és összefüggések valamilyen formában a valóságban is léteznek. A filozófiai szempontból ugyancsak felvethető instrumentalizmus ezzel szemben az elméleteket csak hasznos eszközöknek tekinti, amelyek segítenek eligazodni a világban, de semmi ok nincs feltételezni, hogy a leírásban szereplő dolgok valóban léteznek és olyanok, mint az elméletben. A realizmus szerint az a jó elmélet, ami igaz, míg az instrumentalizmus szerint azért jó egy elmélet, mert használható [18]. Amikor különbséget teszünk a modellek, elméletek, illetve törvények között, tulajdonképpen a realista felfogást követjük. (Erre utal a szóhasználat is, miszerint az összefüggéseket vagy törvényeket *felismerjük* vagy *felfedezzük*.) A mindent modellnek nevező szóhasználat (annak ellenére, hogy a modelleket *alkotjuk*), mindkét szemlélethez illeszthető [12], de ha a modelleket nem a helyes vagy helytelen voltuk, a valósághoz való illeszkedésük, hanem *használatosságuk* alapján ítélik meg (ahogy [3] bevezetőjében vagy [11]-ben), az egyértelműen az instrumentalista felfogást tükrözi.

Filozófiai szempontból mindkét felfogás lehetséges, mindkettő mellett és ellen is lehet érvelni, de az érveknek (mint általában a filozófiai kérdések esetében) nincs logikai kényszerítő ereje. A dilemma hasonlít egy objektív létezés feltételező világkép és a szubjektív idealizmus dilemmájához. Az is elvileg eldönthetetlen, a kétféle világkép elfogadottsága közötti különbség elég nyilvánvaló okokból mégis szembeötlő. Esetünkben is nehéz elképzelni, hogy a természettudományok hatalmas építménye minden sikere ellenére nem a valóságot tükrözi, csak hasznos logikai konstrukció, és a felfedezni vélt rend nem is a valóságban létezik, csak mi látjuk bele. Mindazonáltal e kérdésnek helye van az egyetemek tudományfilozófiai kurzusain, de az instrumentalizmust támogató megjelenítése a közoktatásban (ahogy azt [11] javasolja) – a tanulók ösztönös realizmusa miatt – inkább zavart okoz, mintsem a mélyebb megértést szolgálja. Emellett az igazság fogalmának kiiktatása a teljes relativizmus előtt nyitja meg az utat. Hogy érvelésem ne a levegőben lógjon, idézem [11] egy kifogásolt részletét: „Ki kell alakítanunk a tanulóknak az *attitűdöt*, amely lehetővé teszi, hogy többféleképpen is gondolkodjanak ugyanarról a jelenségvilágról, fogadják el, hogy elméleteink modellek, és több modell létezhet. Sok-sok megfigyelés, kísérlet, mérés szükséges ahhoz, hogy a tanulók egyre közelebb jussanak az újonnan elsajátított értelmezés hasznosságának a belátásához.” A tanulóknak nem csak az őket körülvevő világ jelenségeiről van előzetes elképzelésük, amit majd az oktatás során megfelelő irányba alakítani kell, hanem az *igazság* fogalmáról is. Ennek megfelelően természetesen adódik a kérdés, hogy a több lehetséges elmélet (elképzelés, leírás) közül melyik a helyes, melyik az igaz. A javasolt keretben erre a kérdésre a tanár egyetlen konzekvens válasza az lehet, hogy a „*belyes*” vagy „*igaz*” kategóriák a valóság leírásával kapcsolatban nem használhatók. Felteendő a

kérdés, hogy ez valóban egy kételyek nélkül vállalható állítás, aminek helye lenne a közoktatásban? Határozottabban fogalmazva, vajon elfogadható egy ilyen mérvű elköteleződés egy ma divatos, mindamellett széles körben vitatott filozófiai irányzat mellett? Aligha. Szerencsére a Nemzeti alaptanterv ezt nem is támogatja, ugyanis (az egyetlen ilyen értelmű mondatában) előírja: „látatni kell azt is, hogy a természettudományok megfigyelések, kísérletek sorozatainak keresztül kristályosodott, bizonyított alapvető igazságokra (elméletekre, törvényekre, szabályokra) épülnek” [19].

E gondolatsor végén megemlítenék még egy – elvi szinten nem, de a gyakorlatban legalább ilyen fontos – kérdést, nevezetesen a tudományellenesség, illetve a mindenféle áltudományok terjedése és a modellszemlélet esetleges összefüggését. Ha minden csak modell, aminek a valósághoz való viszonya nem tisztázott, akkor nehéz a tudományok értékeit kétségbe vonni, úgymond „tudományellenes” hozzáállással szemben a természettudományok igazsága mellett érvelni. Hasonló módon nehézé válik a tudományok presztízsére aspiráló áltudományok elleni érvelés is, hiszen ezen az alapon mondható, hogy az áltudományoknak nevezett tevékenységek sem badarságok, legfeljebb a modelljeik nem annyira sikeresek, esetleg másképp sikeresek, másképp hasznosak. (Egy ilyen típusú, az *asztrológia mellett* szóló érveléssel lepik meg az olvasót [20] szerzői.)

Záró gondolatok

Véleményem szerint az, hogy a különböző szintű, igényű, pontosságú, érvényességű stb. leírások között nyelvi is különbséget tudunk tenni, fontos értéke tudományunknak, amivel élni kell, és a különbségeket nem szabad az amúgy elég rosszul definiált modellfogalommal elmaszatolni, még akkor sem, ha az általánosan elterjedt szóhasználat nem egészen következetes a modell, elmélet, szabály, törvény stb. fogalmak megkülönböztetésében. Ezek a következtetések, főleg ha tudatosulnak, nem veszélyeztetik a hagyományos fizikaképünket. Ezzel szemben a modellelnevezés erőltetése az összes fent nevezett fogalomra olyan szemléletet tükröz, ami nem illeszkedik a természettudományok szerkezetéhez, relativizálja azok eredményeit, nehezzé teszi elkülöníteni a tudományt a nem tudományoktól. Végül megfontolandó, miért kellene a fizika oktatásában egy olyan szemléletet érvényesíteni, amit a fizika művelőinek jelentős része nem is vállal.

Irodalom

1. *Nemzeti alaptanterv*. A 110/2012. (VI. 4.) Korm. rendelet melléklete, *Magyar Közlöny*, 66. szám, 2012. június 4.
2. Woinarovich F.: Milyen tantárgy a fizika? *Fizikai Szemle* 62/6 (2012) 205–207.
3. Bánkúti Zs., Csorba F. L. (szerk.): *Átmenet a tantárgyak között. (A természettudományos oktatás megújításának lehetőségei)*. Oktatókutatás és Fejlesztő Intézet, Budapest, 2011, <http://tamop311.ofi.hu/kiadvanyok/konyvek/atmenet-tantargyak>
4. Tél T.: Milyen tudomány a fizika? Amit minden középiskolásnak tudnia kellene. *Természet Világa* 2012/12, 177–183.

5. Kutrovázt G., Láng B., Zemplén G.: Egy tudományos tudománykép védelmében. *Természet Világa* 2013/3, 33–35.
6. Woynarovich F.: Reflexiók az „Egy tudományos tudománykép védelmében” című írásra. *Természet Világa* 2013/3, 36–37.
7. Csorba F. L.: „A világ útvesztője és a szív paradicsoma” Válasz Tél Tamás írására. *Természet Világa* 2013/5, 63–65.
8. Scheuring I., Podani J., Szilágyi A.: Az evolúció fényében. Megjegyzések Csorba F. László: „A világ útvesztője és a szív paradicsoma” című írásához. *Természet Világa* 2013/5, 65–66.
9. Tasnádi P.: A Bizonytalanok bizonyossága. Gondolatok a természettudományos műveltségről és a természettudományok tanításáról. *Természet Világa* 2013/5, 67–68.
10. Radnóti K., Adorjánhé Farkas M.: A fizika tanításához szükséges tanári tudás rendszere – I. rész. *Fizikai Szemle* 62 (2012) 391–395.
11. Radnóti K., Adorjánhé Farkas M.: A fizika tanításához szükséges tanári tudás rendszere – II. rész. *Fizikai Szemle* 62 (2012) 422–425.
12. Antali M.: *A tudományos modell fogalmának szerepe az oktatásban*. Tudományos diákköri dolgozat, Témavezető: Zemplén Gábor (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Filozófia és Tudománytörténet Tanszék) 2011.
13. *Magyar Értelmező Kéziszótár*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2003.
14. Például Ferenczi M.: *Matematikai logika*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2002.
15. Simonyi K.: *A fizika kultúrtörténete*. 3., átdolgozott kiadás, Gondolat Kiadó, Budapest, 1986. az idézet a *Ráció és empiria* című fejezetében található.
16. Feynman R. P.: *A fizikai törvények jellege*. Akkord Kiadó, Budapest, 2005. Az idézett rész *A matematika és a fizika kapcsolata* című fejezetből való (74. old).
17. Kutrovázt G., Láng B., Zemplén G.: *A tudomány határai*. Typotex, Budapest, 2009. (147. old.)
18. Zemplén G.: *Kutatásmódszertan jegyzet*. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Filozófia és Tudománytörténet Tanszék, (elérhető a <http://www.filozofia.bme.hu/orak/1615> oldalról)
19. *Nemzeti alaptanterv, II.3.5. Ember és természet, A) Alapelvek, célok*. A 110/2012. (VI. 4.) Korm. rendelet melléklete, Magyar Közlöny, 66. szám, 2012. június 4. (10725. old)
20. Kutrovázt G., Láng B., Zemplén G.: *A tudomány határai*. Typotex, Budapest, 2008. (150–151. old.)

A FIZIKA TANÍTÁSA

AZ EGRI VARÁZSTORONY PROGRAMJAIBÓL

Vida József

Eszterházy Károly Főiskola, Eger

Csillagászati Múzeum

Az egri líceum toronyépületében működő *Varázstorony* programjainak [1] 6 részleg ad helyet. Elsőként az 1966-ban létrejött *Csillagászati Múzeumot* (6. emelet) említhetjük, amelynek előtörténete a 18. századra nyúlik vissza. A Csillagásztorony – eredeti nevén a Specula – 1776-ban kezdte el működését, és az akkori obszervatórium korának legjobb csillagászati műszereivel volt felszerelve. Ezeket *Hell Miksa* magyar születésű, bécsi császári, királyi csillagász, az akkori idők legjobb bécsi és londoni távcsőkészítő mestereitől rendelte meg [3].

A Csillagászati Múzeumban az eredeti műszerek tárlata tekinthető meg. Különböző működési elvű tükrös és lencsés távcsövek, kvadránsok, napórák valamint a línea meridionális (délvonal). A tárlatbemutatáson kívül sokrétű programok folynak: múzeumpedagógiai órák (*Csillagmesék: Kalandozás az égbolton, Barangolás a Tejúton*); múzeumpedagógiai foglalkozások (napóra, sötétkamra-készítés); ismeretterjesztő előadások (*A Hold arcai, Ablak a végtelenbe: A Hubble űrtávcső és Mars, a vörös bolygó*) [5].

Camera Obscura

A toronyépület tetején (9. emelet) elhelyezkedő (ugyancsak *Hell Miksa* által tervezett), ma is működő állapotban lévő *Camera Obscura* (sötétkamra, periszkóp) nem csak Magyarországon, hanem az egész világon ritkaságnak számít. Az óriási fényképezőgéppel

Eger kicsinyített, mozgalmas városképe vetíthető le a besötétített terem közepén lévő fehér asztal felületére. A város nevezetességeit bemutató programot követően – kilépve a teraszra – a látogatók három dimenzióban is megsejmelhetik a várost.

Varázsterem (interaktív kísérletek)

A 2006 tavaszán létrehozott *Varázsterem* (6. emelet) interaktív eszközei a fizikai jelenségek megértését „kézzelfogható” módon segítik. Az ide ellátogatók érdekes, saját maguk által elvégezhető kísérleteken keresztül ismerkedhetnek meg alapvető fizikai jelenségekkel, „tudományos játékokat” játszhatnak.

A varázstermi foglalkoztatás (csoportvezetés) módszere eltér más tudományos játszóházak módszerétől. A bemutatót tartó szakszemélyzet röviden ismerteti a kiállított eszközök működtetésének módját és működésük fizikai elvét (korosztályhoz és képzettséghez alakítva), csak ezt követően kísérleteznek a diákok (látogatók) önállóan. Tapasztalatunk szerint ez a forma alkalmas arra, hogy kapcsolatot teremtsen az itt látott, használt, megismert eszközök és az iskolában tanultak között.

A kísérletek sora a mechanikaitól (légágyú, hőlégballon, Bermuda-henger, magdeburgi féltekék stb.) az optikai eszközökön keresztül (lézeres tábla, kaleidoszkópok stb.) az elektromágneses érdekességekig terjed (Lenz-ágyú, mágnes ejtése rézcsőben, lebegő földgömb, mágneses pörgettyű stb.). Működtetésük

élményt jelent nem csak a diákoknak, hanem a felnőtt látogatóknak is. Többször elhangzik tőlük: „Ha nekem, annak idején így tanították volna a fizikát, biztosan megszerettem volna.” Sokan visszaemlékezve élményszerűen idézik fel *Öveges* professzor televíziós kísérleteit [2].

Planetárium

2007-ben készült el Magyarország akkor harmadik, hagyományos elven működő *planetárium*a (6. emelet). A 6 méter átmérőjű félgömbhéj-szerkezet belső, közel 57 négyzetméteres vetítőfelületén az éjszakai csillagos égbolt valóságos képmása jelenik meg. A csillagos eget, a Naprendszer bolygóit és azok mozgását bemutató programok nagy érdeklődést váltanak ki, hiszen az iskolai fizika és földrajz tantervekben szereplő csillagászati tananyagokhoz kapcsolódó ismereteket látványosan és élményszerűen közvetítik.

A 45 perces műsoraink az alábbiak: *Utazás a Föld körül – a csillagos ég változó arca; Utazás a Naprendszerben; A Naprendszer születése és életútja; Csillagászat-történet I. (a görögöktől a 20. századig); Csillagászat-történet II. (a 20. század kozmológiája); Csillagászat és költészet; Csillagászat és mitológia; A művészi Világegyetem; Űstökösök a Naprendszerben; A Nap*. A hozzánk ellátogató csoportok telefonon vagy e-mailen előzetes egyeztetéssel kérhetik planetárium műsorainkat.

Panoráma Terasz, távcsöves észlelés

A belváros utcaszintjénél 44 méterrel magasabban elhelyezkedő *Panoráma Terasz* (8. emelet) ideális városközponti kilátótorony. Aki veszi a fáradságot és megbirkózik a 314 lépcsőfokkal, a teraszon körbejárva márdartávtól szemlélheti meg az egész várost. Itt rendezzük az egyre több látogatót, érdeklődőt vonzó esti (éjszakai) távcsöves bemutatóinkat. A Hold kráterinek, a Szaturnusz gyűrűjének, a Jupiter örvénylő felszínének és holdjainak távcsövön át megfigyelhető látványa mindenkit ámulatba ejt. Estéknként – a távcsöves észlelésen túl – lézeres városbemutatókat is tartunk.

Rendhagyó órák, egyéb programok

A *Hell Miksa Experimentárium*ban (3. emelet) az Eszterházy Károly Főiskola Természettudományi Karának tanárai kísérleti bemutatókkal, magas színvonalú szemléltetéssel ötvözött foglalkozásokat, *rendhagyó* biológia, fizika, földrajz és kémia *órákat* tartanak, amelyek szervesen illeszkednek a Varázstorony programjaiba. A rendhagyó órák az iskolai tananyagok kiegészítői, azokat az iskolás csoportok előre egyeztetett témákban és időpontokban igényelhetik.

Itt zajlanak a főiskola gyakorló iskolája *Öveges programjának* demonstrációs foglalkozásai, az *egri Csillagászok* szakköri összejevetelei, a *Magyar Csillagászati Egyesület* és a *budapesti Kossuth Klub* Varázstoronnyal közösen szervezett ismeretterjesztő előadá-

sai. Ez a terem ad helyet a nagyobb természettudományos rendezvények előadássorozatainak, a továbbképzéseknek és az általunk támogatott vetélkedőknek is [6]. A 40 főt befogadó Hell Miksa Experimentárium (Rendhagyó órák termének is nevezzük) a legkorszerűbb oktatástechnikai eszközökkel van felszerelve (mozgatható, zoomolható kamerarendszer beépített webszerverrel, automata sötétítés, füst- és szagelszívó berendezés stb.).

Rendezvényeink között vannak nem csak „Varázstorony specifikus”-ak. Ide sorolhatjuk például a *Költészet Napi* az *Augusztus 20-i* és az *Adventi*, versekkel, zenével, tűzijátékkal fűszerezett csillagászati, természettudományos ismeretterjesztő műsorainkat [10].

A sokoldalúság egyben az egyediségünk is. Egy helyen (egy toronyépületben) található meg a technikatörténeti múlt (múzeum), korunk csillagászata (planetárium, távcsöves megfigyelések), valamint az iskolai oktatást támogató és az ismeretterjesztő programok sokasága [1].

Ahhoz, hogy sokoldalú tevékenységünk nevünkben is jobban kifejeződjön, a Varázstorony „hivatalos” nevet is kapott: *Varázstorony, Természettudományi Pályaorientációs és Módszertani Központ*.

Nagyrendezvények

A Varázstorony látogatottsága évi 20-25 ezer fő, s ennek több mint 60%-át a diákok teszik ki. Ebbe a létszámba beleértjük a három legnagyobb rendezvényünk, a *Kutatók Éjszakája*, a *Múzeumok Éjszakája* és a *Varázstorony Vetélkedő* résztvevőit is, mindegyik ezer-ezer feletti létszámmal. A Kutatók Éjszakája és a *Múzeumok Éjszakája* egymáshoz hasonló szervezésben folyik, mindkettőn minden részleget működtetünk. Reggeltől éjfélig vagyunk nyitva, napközben főleg diákok, délután és este gyermekes szülők, felnőttek látogatnak el hozzánk.

A három nagyrendezvény közül részletesebben a vetélkedőről esszen szó! A háromfordulós Varázstorony Vetélkedőt heves megyei 7. osztályos tanulóközösségeknek (osztályoknak) hirdetjük meg minden adott tanévben (az első 2008–2009-ben volt). Pályázni 45-50 tanulócsoporthoz szokott. A versenysorozat fontosabb célkitűzései: a természettudományos tantárgyak kedveltségének növelése, a pályaválasztás támogatása a műszaki és természettudományi ismereteket igénylő pályákhoz, a környezettudatosság alakítása a környezettel kapcsolatos ismeretek bővítésében, az ezzel összefüggő kompetenciák fejlesztésében, valamint a tehetséggondozás.

Az *első forduló* a tanév őszi időszakában zajlik, ekkor a tanulócsoporthoz az előzetesen rögzített időpontban teljes körű látogatást tesznek a Varázstoronyban. A két és fél órás programhoz planetárium műsor és távcsöves bemutató is tartozik. A *második forduló* február elején az iskolákban bonyolítják. Ettől kezdve a verseny egyéni. A benevezett osztályok tanulói házi vetélkedőn vesznek részt, ott dől el, hogy kik jutnak tovább. Az erre, majd a döntőre való felkészüléshez felhasználható a Varázstorony honlapjára felkerülő

szöveges, képes, videós információ. Egységes feladatlapot központilag biztosítunk. A kitöltött feladatlapok eredményessége alapján választjuk ki a döntőre bejutó 40 fő hetedik osztályos tanulót. A *barmadik forduló* (döntő) március első felében rendezzük a Varázstoronyban. A döntőbe bejutott versenyzők egy-egy, témájában előre megadott tablót készítenek erre az alkalomra (például: Naprendszer). Ez egyben a tanuló benevezési tárgya, s az arra kapott pontszám a döntőben szerzett pontszámához hozzáadódik. A tablóból időszakos kiállítást rendezünk a Varázstoronyban. A legjobban teljesítőket és felkészítő tanáraikat szponzori támogatásokból értékes díjakkal jutalmazzuk (távcsövek, kísérleti eszközök, könyvek stb.) [8, 11].

Külső helyszínek

A Varázstorony ismertté válását követően igény merült fel külső helyszínekre való kitelepülésekre. A helyhez kötött eszközök programjai, mint a múzeumi tárlatnézés, vagy a planetárium műsorai nem vihetők ki, de a rendhagyó órák, a kísérleti és távcsöves bemutatóink mobilizálhatók. Így jutottunk el a *budapesti Művészetek Palotájába* („Cifra palota”) [4], a *miskolci Kocsonyafesztiválra* több alkalommal (Laborvárs tudományos játékszo) [7], a *nyíregyházi Főiskola* által szervezett Fizikus Napokra, a *miskolci Egyetem* rendezvényeire (microCAD, Látványos fizikai kísérletek sorozata). Egerben a *Dobó térre*, az *Érsekertbe* gyakran hívnak szórakoztató bemutatókra, a *Nemzetközi Pneumobil versenyen* minden alkalommal szerepelünk interaktív és nagyközönség előtti kísérleteinkkel. Konferenciákra, iskolai rendezvényekre, tanulmányi versenyekre sűrűn kapunk meghívásokat. Tevékenységünk kiterjed természettudományos tanári továbbképzésekre, amelyek keretében tantárgy-pedagógiai foglalkozásokat tartunk természettudományos tantárgyak tanítóinak [10].

Legtöbb látogatót, legnagyobb közönséget vonzó külső programunk a *berekfürdői Csillagászati Hét*. Ezt ismertetem bővebben. A közel 1200 lakosú Berekfürdő önálló település a Hortobágy szélén. A kiváló gyógyvíz, a csodálatos tiszta levegő, a csend, a nyugalom csábítja a belföldi és külföldi vendégeket. Ide kapott meghívást a Varázstorony először 2010-ben, és azóta minden év nyarára újra meghívunk bennünket.

Délutánonként a strand kisszínpadán rendezkedünk be *interaktív kísérletezésre*. Ugyanitt csinál magad foglalkozás folyik: az érdeklődők megismerkednek a lyukkamera és a különböző típusú napórák készítésével és használatával, vagy éppen puzzle csillagászati játékokkal szórakozhatnak. Elsősorban fiatalok vesznek részt ezeken a programokon, de a kisebbek hozzák magukkal szüleiket, nagyszüleiket, akik szintén bekapcsolódnak a játékos időtöltésbe.

Kora este vetített képes *csillagászati előadásokat* tartunk a Művelődési Házban (a 2013-as előadásaink: *Történelmi nap- és holdfogyatkozások; Csillagászat és mitológia – a csillagképek a görög mitológiában; A művészi világegyetem; Varázslatos égbolt – a Hubble*

űrtávcső képein; Csillagászat és költészet; Központi csillagunk, a Nap). A vidámságot szolgálja esténként a *Fizika és humor* előadás, amelyben korabeli némafilmek megtekintése folyik a jelenetek fizikájának elemzésével. A teltházas előadássorozat résztvevői között vannak fiatalok és felnőttek vegyesen.

Sötétedés után (felhőtlen égbolt esetén) távcsöves és szabadszemes megfigyeléseket tartunk az iskola udvarán. Célkeresztben a Hold krátereivel, a Szaturnusz gyűrűjével, a bolygók és a galaxisok.

A Csillagászati Hét utolsó két napjának délutánján a strandi nagyszínpadon a medencékben fürdőzőknek mutatunk be *Brutális fizika* címmel látványos kísérleteket. Ennek során tűhegyes grafitceruzák sértetlenül fúródtak át vastag deszkalapokon, hordók és palackok robbannak szét és roppannak össze, palackkrakéták röppelnek az ég felé, és minden egyéb érdekes kísérlet, ami a mínusz 196 fokos folyékony nitrogénnel elvégezhető.

Alkalmanként tematikus plakátkiállítást is viszünk magunkkal, amelyet a Művelődési Házban helyezünk ki szabad szemlére. Egy-egy sorozat 10-12 db A0-ás tablóból áll. Eddigi posztersorozataink címei: *Öveges József: Sugárözönben élünk, Fényjelenségek természetfotókon és képzőművészeti alkotásokon, Naprendszerek születése és életútja, Alternatív energiaforrások, Franklin Benjamin életútja és munkássága* [9].



Mérhetetlen öröm járja át bensőnket egy-egy bemutatónk alkalmával, amikor látjuk az átszellemült arcú kísérletező gyerekeket, amikor az érdeklődők hada fog körül bennünket szüntelenül ostromló kérdéseikkel. A mámort követően a szakma tanárembere a jövőbe nézve ilyenkor mondja: érdemes volt. Közben azért felvetődik az elkerülhetetlen kérdés: vajon hová tűnik az ifjú emberkék természettudomány iránti határtalan lelkesedése 18 éves korukra? Lesz-e méltó utódja a valaha jobb időket megért, de már lassan kiöregedő fizika- (kémia-, biológia-) tanárok generációjának [4]?

Irodalom

1. <http://www.varazstorony.ektf.hu>
2. Vida J.: Látogatások az egri Varázstoronyban. *Fizikai Szemle* 58/2 (2008) 72.
3. Vida J.: Varázstorony az egri liceumban. *Acta Academiae Paedagogicae Agriensis* XXXV. Sectio Pericemonologia 35/3, (2008) 75–85.
4. Ujfaludi L.: A Varázstorony bemutatkozása a budapesti Művészetek Palotájában. <http://www.ektf.hu/ujweb/index.php?page=35&nid=745>
5. Vida J.: Az egri Varázstorony programjainak bővítése múzeum-pedagógiai órákkal. *Acta Academiae Paedagogicae Agriensis* XXXVI. (2009) 41–46.
6. Vida J.: Az Egri Varázstorony oktatási-képzési funkciójának erősítése. *Proceedings of the XXIV. microCad International Conference*, Miskolci Egyetem (2010) 59–61.
7. Ujfaludi L.: Az egri Varázstorony Miskolcon debütált. *Fizikai Szemle* 60/5 (2010) 175–176.
8. Vida J.: Izzalmak a Varázstorony vetélkedő döntőjén. *Fizikai Szemle* 60/6 (2010) 207–208.
9. Vida J.: A természettudományok népszerűsítése a Hortobágy szélén. <http://www.ektf.hu/ujweb/index.php?page=35&nid=1931>
10. Vida J.: Az egri Varázstorony tudománynépszerűsítő programjai. *Proceedings of the XXV. microCad International Conference*, Miskolci Egyetem (2011) 95–98.
11. Vida J.: Varázstorony vetélkedő *Meteor* XLIII/6–7. (2013) 446.



Varázstorony



ÉLETÜNK RÉSZÉ, JÖVŐNK ENERGIÁJA

A PAKSI ATOMERŐMŰ BIZTONSÁGOS
ÉS FOLYAMATOS ENERGIAELLÁTÁST NYÚJT.



Gáti Mariann - a MeseGaléria alapítója, Fadd

„Megteremtem a világot, magam és mások öröme...”



paksi atomerőmű

