

fizikai szemle



2025/2

nka

Fizikai Szemle

MAGYAR FIZIKAI FOLYÓIRAT

A Matematikai és Természettudományi Értesítőt az Akadémia 1882-ben indította
A Matematikai és Fizikai Lapokat Eötvös Loránd 1891-ben alapította

SZERKESZTŐSÉG:

Felelős szerkesztő: Iglói Ferenc főszerkesztő

Olvasószerkesztő: Bodrog Zoltán

Technikai szerkesztő: Hock Gábor

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG:

Asbóth János, Bíró László Péter, Csengeri Kamilla, Czitrovszky Aladár, Gyürky György, Horváth Dezső, Horváth Gábor, Kiss Ádám, Kopasz Katalin, Neda Zoltán, Ormos Pál, Pálfalvi László, Pásztor Gabriella, Simon Ferenc, Simon Péter, Sódor Ádám, Sükösd Csaba, Szabó Gábor, Takács Gábor, Trócsányi Zoltán, Ujvári Sándor

A beküldött tudományos, ismeretterjesztő és fizikatanítási cikkek a Szerkesztőbizottság, illetve az általa felkért, a témában elismert szakértő jóváhagyó véleménye után jelenhetnek meg.

Kiadja és terjeszti az Eötvös Loránd Fizikai Társulat,
1092 Budapest, Ráday utca 18. földszint III.

Telefon/fax: (1) 201-8682

Felelős kiadó: Groma István főtítká

A Társulat és a folyóirat honlapja:

<http://fizikaiszemle.elft.hu>,

e-postacíme: elft@elft.hu

A folyóirat szerkesztőségi e-mail címe:

fsz_szerkesztok@elft.hu. A lapba szánt írásokat erre a címre kérjük. Kéziratokat nem őrünk meg és nem küldünk vissza. A szerzőknek tiszteletpéldányt küldünk.



Nyomdai előkészítés: Hock Gábor. *Nyomdai munkálatok:* OOK-PRESS Kft., *felelős vezető:*

Szathmáry Attila ügyvezető igazgató.

Előfizethető a Társulathoz vagy postautalványon a 10200830-32310274-00000000 számú egyszámlán. Az egyes számok ára: 1800,- Ft (a dupla számoké 3600,- Ft) + postaköltség.

HU ISSN 0015-3257 (nyomtatott)

HU ISSN 1588-0540 (online)

A lapot az MTA Magyar Tudományos Művek Tára (MTMT) archiválja



A címlapon:

Színpadon a fény – vektordimenziók
(Stonawski Tamás festménye)

TARTALOM

A FIZIKA TANÍTÁSA – TEMATIKUS SZÁM

Vendégszerkesztő: Radnóti Katalin

- Radnóti Katalin:* Gondolatok a fizika tanításáról a Kutatók Éjszakája kísérletei kapcsán 37
- Radnóti Katalin:* Iskola és fizika – Beszélgetés Jarosievitz Beátával és Sükösd Csabával 39
- Jarosievitz Beáta:* Kutatók Éjszakája – „Öveges Tanár Úr Utódai” – A fizika népszerűsítése fizikatanárokkal és sztárokkal 3 éves kortól, informálisan 44
A cikk szerzője írása első részében bemutatja a programsorozat történetét. A második részben a tanítványával és segítő kollégájával létrehozott hőtani témájú kísérletes, zenés produkciót ismerteti.
- Hasznosi Tamásné:* Tegyük néhány kört Arkhimédész körül!
A Csodák Tanodája csapat szereplése a Kutatók Éjszakáján 49
Hogyan vihető ki a fizika a civil társadalomba? Miként lehet a diákokat már az általános iskolában megnyerni a fizika szeretetének? A fizikatörténet felhasználása a fizika oktatása során.
- Ujvári Sándor:* Hands-on kísérletek a Kutatók Éjszakáján 52
Látványos kísérletek egyszerű és olcsó eszközökkel. A fizika tanulása nem egyenlő unalmas szövegű feladatok megoldásával és a bonyolultabb jelenségeknek is van érthető alapjuk.
- Szabó László:* Hangoskodjunk egy kicsit! 56
Hangtani projektek saját készítésű eszközökkel, azokkal mérések elvégzése különböző applikációk segítségével, a kapott adatok kiértékelése, elemzése és értelmezése.
- Udvardi Imre:* „Kísérletek tűzön-vízen át” 61
Különleges gázok hatása az emberi hangra, folyékony levegő és egyéb furcsaságok, nagyon hideg és nagyon meleg, élményfizika a krétafizika helyett.
- Schramek Anikó:* Színes kísérletek a Kutatók Éjszakáján 63
Az egyszerű játékoktól, optikai csalódásoktól a kémia színpompás világáig.
- Gärtner István:* Megrázó élmények – Kísérleti bemutató 9. osztályos diákok közreműködésével 65
Elektrosztatikai kísérletek látványos, élményszerű és tanulságos bemutatása Van de Graaff-generátorral.
- Nagy Mária Tibor, Korom Erzsébet:* Miért fontos a tudomány működésének megértése? – A tudomány természetével kapcsolatos nézetek vizsgálata gimnazisták körében 68
A természettudományos tudás jellemzőinek vizsgálati lehetőségei, egy felmérés eredményeinek bemutatása.

~ ~ ~ ~ ~

TEACHING PHYSICS – THEMATIC ISSUE

- K. Radnóti:* Thoughts on teaching physics in the context of the Researchers' Night experiments
- K. Radnóti:* School and Physics – A conversation with Beáta Jarosievitz and Csaba Sükösd
- B. Jarosievitz:* Researchers' Night – „The Descendants of teacher Öveges” – Popularizing physics with physics teachers and stars from the age of 3, informally
- T. Hasznosi:* Let's do a few laps around Archimedes! The performance of the School of Wonders team at the Researchers' Night
- S. Ujvári:* Hands-on experiments at Researchers' Night
- L. Szabó:* Let's be a little louder!
- I. Udvardi:* Experiments in the cold and hot world
- A. Schramek:* Colorful experiments at Researchers' Night
- I. Gärtner:* Shocking experiences – Experimental presentation with the participation of 9th grade students
- M. T. Nagy, E. Korom:* Why is it important to understand how science works? – Examining views on the nature of science among high school students

Fizikai Szemle
MAGYAR FIZIKAI FOLYÓIRAT

megjelenését támogatják:



KULTURÁLIS ÉS
INNOVÁCIÓS
MINISZTERIUM

nka
Nemzeti Kulturális Alap



GONDOLATOK A FIZIKA TANÍTÁSÁRÓL A KUTATÓK ÉJSZAKÁJA KÍSÉRLETEI KAPCSÁN

Radnóti Katalin
nyug. főiskolai tanár, kandidátus
E-mail: rad8012@helka.iif.hu



Öveges tanár úr szelleme kísért. Éppen harminc évvel ezelőtt szerkesztettem születésének századik évfordulójára a *Fizikai Szemle* különszámát [1]. A jelenlegi számban pedig az ő munkásságát folytató lelkes kollegák tevékenységének bemutatására kaptam felkérést, akik a 2024. szeptember 27-ei Kutatók

Éjszakája programsorozat keretében az *Ericsson Házban* szerepeltek kísérleteikkel. Az évforduló alkalmat ad egy rövid visszatekintésre.

Mi történt az elmúlt 30 év alatt a fizika tanítása témakörében? Hogyan változtak a fizikatanítás céljai, miként alakultak a fizika tanítására fordítható óraszámok a közoktatásban, hogyan változott a tanárképzés rendszere, hogyan alakult a fizikatanári pályát választók száma?

Azt gondolom, hogy az olvasók egyetértenek velem abban, hogy a fizika alaptudomány, minden természettudomány és minden műszaki fejlesztés alapja. Azonban a rendszerváltást követően az egyik legnagyobb arányú óraszámvesztést mégis a fizika tantárgy szenvedte el a magyar közoktatásban. Korábban hét év volt a fizika tanításának időtartama, három év az általános iskola 6., 7., 8. évfolyamain és négy év a gimnáziumban; jelenleg viszont mindössze négy, sőt, alkalmasint csak két év, ha az általános iskolában nem jelenik meg külön tantárgyként, hanem csak az általános természetismeret-természettudomány tantárgy részeként van jelen! A fizika tantárgyat tanítókra e kettősség – óraszámvesztés kontra minden technikánk alapja –, különösen nagy felelősséget ró: olyan oktatási módszereket kell találni és használni, hogy végül mégis minél több fiatal válassza életpályájaként a műszaki és a természettudományos pályát, hiszen ez hazánk gazdasági fejlődésének alapja. Ugyanakkor a majd más pályán dolgozó állampolgár is meg kell, hogy kapja a szükséges ismereteket. Mai mindennapi életünkben kevés olyan területet tudunk mondani, aminek nem lenne fizikai aspektusa.

Fontos leszögezni, hogy a fizikaórán ténylegesen nemcsak fizikát tanítunk, hanem egy általános *természettudományos szemléletet, racionális gondolkodásmódot* is el kívánunk sajátíttatni a diákokkal. A természettudományos tantárgyak tanulása, tanítása során azt az attitűdöt,

gondolkodásmódot kell a gyerekekben kialakítani, hogy *a természet megismerhető, léteznek természeti törvények*, a világ nem spontán, és nem össze-vissza működik. Egyre több jelenséget tudunk megmagyarázni úgy, hogy alapvetőbb jelenségekre vezetjük azokat vissza. Különböző fogalmakat konstruálunk, melyekkel jellemezni tudjuk az adott dolgot, jelenséget (út, idő, sebesség, gyorsulás, impulzus, erő, energia, nyomás, hő, térerősségek, áramerősség, potenciál, feszültség, ...). Ezek minél nagyobb részéhez számértékeket is rendelünk az összehasonlíthatóság végett.

A fizika oktatásának egyik fontos feladata az, hogy a diákokban alakuljon ki az a szemlélet, hogy a világot *vizsgálatok, kísérletek, mérések* során ismerjük meg. A fizika mennyiségi viszonyokat leíró törvényeinek felhasználásával, matematikai eszközök alkalmazásával számszerű előrejelzések tehetők, amelyek a tapasztalattal összehasonlíthatók. Ez ad lehetőséget a technikai tervezéshez – például űrhajók pályájának kiszámításához, épületek, gépek tervezéséhez, mai modern eszközeink megalkotásához, melyek nélkül ma már el sem tudjuk képzelni az életünket.

Egy lehetséges módszer a fizikai ismereteket *emberi történetekbe ágyazni*, mind a felfedezések, mind a mindennapi élet vonatkozásában. Ehhez lehet kisebb *színdarabokat, párbeszédet írni* egy adott témakörrel kapcsolatban, melyre két példát is láthatott az érdeklődő közönség az est folyamán. Ez a módszer különösen a humán érdeklődésű diákok számára hozhatja közelebb a fizikát.

Az oktatás helyzete, a tanárok munkakörülményei is sokat változtak az utóbbi évtizedekben. Sokan már nem is emlékeznek, illetve a fiatalabb kollegák nem is emlékezhetnek arra, hogy az ezredforduló táján a középiskolai tanárok számára 18, míg az általános iskolai tanárok számára 20 óra volt hetente a kötelező óraszám. Ha azon felül volt órájuk – akár helyettesítés, akár szakkör, vagy bármilyen más túlóra –, azt kifizették. Napjainkra a kötelező szépen felkúszott 24-re. Mintha egy nappal hosszabb lenne a hét! A fizikát jellemzően egész osztályokban tanítják – nagyon ritka kivételnek számít a csoportbontás –, továbbá csökkent az osztályok heti órászáma, így a tanár nagyon sok diákot tanít. A neveket is nehéz megjegyezni, nemhogy a modern pedagógiai elvárások szerinti differenciálást megvalósítani – ahogy arra egy 2008-as felmérésben rámutattunk, melyet az akkori Oktatási és Kulturális Minisztérium döntés-előkészítő, véleményező és javaslattevő országos szakértői testületként működő

Országos Köznevelési Tanács (OKNT) *ad hoc* bizottsága munkájaként készítettünk [2]. Hasonlóan nagy probléma, hogy a kisebb iskolákban egy dupla természettudomány-szakos – például fizika-kémia – tanárnak nem jön ki a kötelező óraszám. Tanári korfát is készítettünk, és már akkor jeleztük, hogy a tanári létszám tekintetében komoly problémák vannak, különösen az általános iskolában.

A tanárképzési rendszer is több átalakuláson ment keresztül. Egyrészt a fizika szakra jelentkező hallgatók száma elkezdett csökkenni, ahogy csökkentek az óraszámok. Továbbá csökkenést okozott a szabad szakpárválasztás bevezetése. Több helyen ugyanis a matematikához csak a fizika társulhatott azelőtt. Ennek megszüntetésével a fizikát már jóval kevesebben választották. Az addig működő kettős képzést – főiskolai szintű, mely alapvetően az általános iskolákban való tanításra készített föl és egyetemi szintű, mely a középiskolai tanításra készített fel – szintén megszüntették. Egységes egyetemi szintű képzést vezettek be, de a bolognai rendszer szerinti két lépcsőben. Csak évek múlva sikerült ismét osztatlanná tenni a tanárképzést. Ez az első években ténylegesen azzal járt, hogy növekedett a fizikatanárnak jelentkező hallgatók száma, de utána visszaesett a jelentkezés. Így napjainkra elmondható, hogy a nyugdíjba menők helyét nagyon nehéz betölteni. Jelenleg az egységes természettudomány tantárgy és a hozzá tartozó tanárképzés bevezetésével próbálja az oktatási kormányzat a tanárhíányt orvosolni az általános iskolákban. Ez azonban nem oldja meg a középiskolák problémáit.

Az elmúlt évek változásai közé tartozik a középiskolai tanulók által az utolsó két középiskolai évben választható fakultációs órák problémája, ugyanis itt felemelték a minimális tanulói létszámot. Ennek következtében több iskolában a fizikafakultáció el sem tudott indulni. A diákok vagy másik iskolába mehetnek, vagy másik fakultációs tantárgyat választanak. Talán mondanom sem kell, hogy az utóbbi eset a gyakoribb. A fent leírtak alapján látható, hogy miért csökken évek óta a műszaki-természettudományos szakokra jelentkező diákok száma.

Tény az is, hogy az egyetemi oktatók munkaidejük egy részében külföldi hallgatókat oktatnak magyar hallgatók helyett. A doktori képzésekre kevés magyar jelentkezik, ezért azt is külföldiekkel töltik fel, akik jellemzően a korábban fejlődő országoknak nevezett helyek valamelyikéről jönnek hozzánk. Megkapják, és szó szerint elviszik tőlünk a tudást, amelyet ők hazájukban hasznosítanak (mi sajnos kevésbé), és ennek következtében le fognak minket hagyni! És mi képeztük ki őket. Mintha saját sírunkat ásnánk! Saját technikai fejlődési lehetőségeink fognak beszűkülni, ha el nem indult máris a folyamat. Nem, hogy innovációra nem leszünk így képesek, de a behozottakat sem fogjuk tudni használni, csak külföldi szakmai segítséggel. És így leszünk majd valóban kiszolgáltatottak!

De talán még nem tartunk itt. A PISA-mérésekben, melyben a 15 éves életkorú tanulók különböző kompe-

tenciáit mérik országos reprezentatív mintán, ugyan nem szerepelünk túl jól; viszont tehetséggondozásban az élen járunk mind a sportban, mind a természettudományos versenyek tekintetében. Még vannak olyan tanáraink, akik időt, energiát nem kímélve foglalkoznak tehetséges tanítványaikkal, készítik fel őket különféle hazai és nemzetközi versenyekre. Az est előadóinak írásai előtt olvasható a rövid szakmai életrajzuk. Sokan végeznek a fizika-tanári doktori iskolában, és szereznek fokozatot, képzik magukat, hogy minél többet tudjanak nyújtani érdeklődő diákjaik számára. Érdeklődő diákok is számosan vannak, mely abból is látszott, hogy az Ericsson Ház tele volt, és a kísérleteknek helyet adó teremben is a program alatt végig közel kétszázan voltak – persze a csoportok váltották egymást. Tehát a diákokban igenis *van érdeklődés a fizika és a fizikai kísérletek iránt* [3].

A fizika tanításának témáját feldolgozó különszám *első* írása egy beszélgetés a bemutatósorozatot évek óta rendületlen aktivitással szervező *Jarosievitz Beátával* és *Sükösd Csabával* a mai iskolai világról és abban a fizika-oktatás helyzetéről. Majd ezt követik az esten szereplő kísérleti bemutatót tartó tanárok beszámolói.

Az első beszámoló *Jarosievitz Beátáé*, aki írása első felében rövid, fényképes áttekintést nyújt a programsorozat történetéről; majd a cikk második részében beszámol az est folyamán bemutatott látványos hőtani kísérletekről. A tanárnő a fizikát szerető önkéntes diákjaival és vállalkozó szellemű tanárkollégáival együtt igazi csapatként sikeresen mutatta be az általa írt zenés showt is, amely a fizika törvényeit énekekkel és kísérletekkel tette könnyebben megjegyezhetővé, akár megszerethetővé.

A budapesti Sashalmi Tanoda 7–8. évfolyamos diákjai *Hasznosi Tamásné* vezetésével mutattak be egyszerű, de látványos kísérleteket, amelyek Arkhimédész törvényével magyarázhatók, és amelyeket történeti érdekességekkel színesítettek. A diákok nagyon lelkesek voltak. Bemutatójuk egyben arra is rámutat, hogy a fizika iránti elköteleződés az általános iskolában alakul ki, az általános iskolának nagyon fontos szerepe van az érdeklődés felkeltésében. A tanárnő írásában bemutatja tehetséggondozó munkáját és azt is, hogy ez miként kerül ki az iskola kapuján kívülre, a civil társadalomba.

Ujvári Sándor, a székesfehérvári Lánosz Kornél Gimnázium tanára egyik tanítványa segítségével mutatott be kísérleteket. A bemutató nem egy téma köré épült, hanem inkább az volt a szervezőelv, hogy látványos legyen, és mégse kelljen hozzá drága műszereket, olyan eszközöket használni, amik csak nagyon nehezen hozzáférhetőek. A célkitűzés az volt, hogy az maradjon meg a diákokban, hogy a fizika nem csak unalmas feladatmegoldás, és a bonyolultabb jelenségeknek is lehet érthető magyarázatuk.

Szabó László a csongrádi Batsányi János Gimnázium és Kollégium tanára több olyan kísérletet válogatott össze a hangtan témaköréből, amelyek könnyen kivitelezhetők, és akár otthoni projektmunkaként is elvégezhetők; az eszközök megépíthetők, sőt, akár mérések is

elvégezhető különböző applikációk segítségével. Több, mérési eredményeket tartalmazó táblázatot is bemutat, melyek szépen demonstrálják a fizika kvantitatív tudomány jellegét.

Udvardi Imre, az Újpesti Könyves Kálmán Gimnázium fizikatanára „Kísérletek tűzön-vízen át” címmel tartott kísérleti bemutatót. Írásának első részében folyékony nitrogénnel végezhető látványos kísérletek leírása szerepel. A második részben a víz nagy fajhőjének demonstrálása, a Curie-pont bemutatása és végül a különböző gázok hatása az emberi hangra zárta a bemutatót és a leírást.

A Fazekas Mihály Gimnázium tanuló tanárnőjük, *Schramek Anikó* vezetésével látványos és érdekes optikai, illetve kicsit a kémia tudományához köthető színes kísérleteket mutattak be. Több, az interneten is megrendelhető játékot ajánlottak továbbá a lelkes nézők figyelmébe azok fizikai magyarázatával együtt, melyeket ott helyben ki is lehetett próbálni.

Az est utolsó fellépőiként az óbudai Árpád Gimnázium tanuló tanáruk, *Gärtner István* vezetésével az elektrosztatika témakörében mutattak be látványos és tanulságos kísérleteket a Van de Graaff-generátor segítségével.

Kiemelném, hogy két olyan kísérlet is szerepelt, amelyek az elektromos térhez kapcsolódó tűzveszélyre hívták fel a közönség figyelmét.

A tematikus különszám záró írásával egy olyan területre szeretném felhívni az olvasók figyelmét, amely a nemzetközi szakirodalom természettudományok tanításával foglalkozó írásai szerint kiemelten fontos. Nevezetesen a diákok tudományképének fejlődésére, alakulására, fejlesztésére és annak vizsgálatára. A cikk a témakör leírása mellett példaértékűen mutatja be azt, hogy egy adatgyűjtést miként lehet elemezni és értékelni – ezzel a hasonló felmérések leírásához szeretnék segítséget adni a cikkek íróinak, illetve a tanári doktori disszertációk készítőinek.

Irodalom

1. 100 éve született Öveges József. Különszám. *Fizikai Szemle*, 1995/4.
2. Radnóti Katalin (2009): A természettudományi nevelés és a fizika-oktatás helyzete a 2008-as tanári felmérés tükrében. *Új Pedagógiai Szemle*, 2009/3, 3–17.
3. A természettudományi nevelés és a fizikaoktatás helyzete a 2008-as tanári felmérés tükrében | Pedagógiai Folyóiratok (gov.hu)

ISKOLA ÉS FIZIKA

Beszélgetés Jarosievitz Beátával (JB), a Teleki Blanka Gimnázium tanárnőjével és Sükösd Csabával (SCs), a BME Nukleáris Technikai Intézet címzetes egyetemi tanárával a Kutatók Éjszakája, Öveges Tanár Úr Utódai – Fizikai kísérletek nem csak tudósoknak című rendezvény szervezőivel és házigazdáival az iskola világáról és abban a fizika tantárgy szerepéről és lehetőségeiről.

Jarosievitz Beáta egyetemi tanulmányait Kolozsváron végezte, és 1990-ben a Babeş-Bolyai Tudományegyetem Fizika Karán fizikus- és középiskolai fizikatanári oklevelet szerzett. 1996-ban a BME Természet és Társadalomtudományi Karán, a Nukleáris Technika Intézetében védte meg egyetemi doktori értekezését nukleáris technika szaktudományból. 2006-ban PhD-fokozatot szerzett neveléstudományi kutatások szakterületen, az ELTE PPK-án. 2022-től kezdve és jelenleg is a Budapest XIV. Kerületi Teleki Blanka Gimnázium fizikaszakos tanára és „Természeti” munkaközösség-vezetője. Mindent megtesz diákjai sikeres teljesítése érdekében, az órái pörgősek, számára a fizika oktatása elképzelhetetlen kísérletek nélkül. Fejleszti a fizikaszertert, online tananyagot készít (ezzel 2024-ben a Sulinet díj 3 nyertesének egyike volt), versenyekre és emelt szintű érettségire készíti fel diákjait. Tanítványai közül többen utazhattak ki már eddig is nemzetközi konferenciákra: Genfbe, Pozsonyba, Moszkvába,

Tunéziába, Koppenhágába. Rendszeresen részt vesz és rendezvényeket szervez a fizika neves napjain: a Fizika Éve, Foucault Napok, Kutatók Éjszakája, Fizika Napja. Diákjai örömmel vettek részt a LIFU versenyen, a Fizika Napján, a Napállandó mérése vagy a Vénusz átvonulása projektekben, valamint a Science on Stage Fesztiválokon.

A 2 éve meghirdetett *MTA Alumni* program iskolai koordinátora, szervezője. Munkájának köszönhetően a 2023/2024-es tanévben az iskolák aktivitási versenyének nyertesei között iskolája első helyezést nyert (a tanévben megtartott előadások sorrendje alapján).

Több tudományos szervezet tagja, ahol az információkat megosztja: időnként a Fizikus Vándorgyűlésen, a Magyar Nukleáris Társaság által szervezett szimpóziumon, a Tanári Ankéton, nemzetközi konferenciákon ad elő.

Beáta eddig 8 éven keresztül sikeresen szervezte az Ericssonnal közösen az „Öveges Tanár Úr Utódai” elnevezésű ismeretterjesztő előadásokat, ezúttal ő maga és a diákjai is fellépnek.

Beáta stratégiai célja: tudásának átadása, fejleszteni azokat a kulcskompetenciákat, amelyek a tudásalapú társadalom polgárai számára nélkülözhetetlenek. Munkáját számtalan kitüntetéssel ismerték el, mint MTA Pedagógus Kutatói Pályadíj három alkalommal (2000., 2006. és 2012.), Ericsson-díj a fizika népszerűsítéséért (2010), Magyar Köztársasági Bronz Érdemkereszt kitüntetés (2005).

Sükösd Csaba az Eötvös Loránd Tudományegyetemen végzett fizikusként, és egész életében hű maradt az egyetemi oktatáshoz. Egyetemi pályafutásának első felét az Eötvös Egyetem Atomfizikai Tanszékén, második felét a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Nukleáris Technikai Intézetében töltötte, ahol 8 éven keresztül a Nukleáris Technika Tanszék tanszékvezetője volt.

Kutatómunkája a kísérleti magfizika területére esett, a kísérleteit többnyire külföldi nagy kutatóintézetekben végezte: Franciaországban (Saclay), Németországban (Jülich), Belgiumban (Louvain-la-Neuve), de tanított az Egyesült Államokban a Notre Dame-i egyetemen is. 1975-ben egyetemi doktor, 1983-ban a fizikai tudomány kandidátusa lett. Sok év óta mind a mai napig az Eötvös Loránd Fizikai Társulat és a Magyar Nukleáris Társaság elnökségi tagja, de 2004 és 2006 között a Magyar Nukleáris Társaság megválasztott elnöke is volt.

RK: Mennyiben változott szerintetek a diákok tanulási környezete, tanulási szokásai az ezredfordulót követően például a mi iskolai élményeinkkel összehasonlítva? Milyen változásokat javasolnátok?

JB: Én nem itt jártam iskolába, hanem Erdélyben és ott teljesen más volt az oktatási rendszer, mint itt. Nyolcvanötben érettségiztem, és nekünk egy nagyon komoly tudásra volt szükségünk. Folyamatosan kellett teljesítenünk, és ez volt a legfontosabb. Akkor a diákság számára, hogy meg tudjon felelni és bejusson egy matek-fizika tagozatra, komoly kihívás volt az írásbeli felvételi! Aki nem jutott be, azt kiszórták! Talán az egész gimnáziumból. Ha nem jutott be abba a két osztályba, akkor csak román iskolába mehetett! Tehát ez már egy hatalmas motiváció volt. Hozzászoktunk már 14 évesen a vizsgázásokhoz, számonkérésekhez. A 10. évfolyam végén újabb megmérettetés volt a matek-fizika tagozatban. Hiába voltál addig két évig tagozatos, újra felvételizni kellett. Továbbá jöhettek új gyerekek is, máshonnan. Ott megint csak 18 hely volt, és ha nem jutott tovább, akkor dobták a diákok. Mehettél máshova! Utána az érettségi, majd következett az egyetemi felvételi. Tehát igazából kétfévenként ott volt a hatalmas megmérettetés. Komoly írásbeli volt matematikából és fizikából is. A teljes négy év anyagát teljesen kellett tudni, deriválni, differenciálni, integrálni. A szinusz és koszinusz alapdolgok voltak nekünk, tagozatosoknak, de a nem tagozatosoknak is tudni kellett ezeket. Visszaemlékezve az osztálytársaimra, akik orvosira mentek, vagy bármilyen más műszaki pályára, mindenki azért volt motivált, hogy egyetemre kerülhessen, és ne gyárba kelljen elmennie dolgozni. Ezért teljesen más volt a hozzáállás. Kevés hely volt az egyetemi felvételin, de be akartunk jutni. Tehát visszatérve a kérdésre, hogy mi változott? A diákoknak a motivációja teljesen felborult. Azt mondom, hogy a jelenlegi motiváció eléggé szegényes, tehát a gyerekek nem motiváltak, mert nincs felvételi. A tanárok – tisztelet a kivételnek –, nem motiválják eléggé

A középiskolai fizikaoktatással már egyetemi pályája elején szoros kapcsolatba került. Amellett, hogy az Eötvös Loránd Tudományegyetemen fizika-előadásokat tartott tanárjelölteknek, aktívan részt vett a Marx György professzor által vezetett oktatási reformban is. A tanárokkal való kapcsolata azóta is töretlen; az évenként megrendezésre kerülő Országos Fizikatanári Ankét állandó előadója, 2006-2015 között a CERN-i tanártovábbképzés egyik hazai szervezője, 2002 óta pedig az Országos Szilárd Leó Fizikaverseny versenybizottságának vezetője. Több évig a magyar Science on Stage mozgalom vezetője is volt.

Sok különböző kitüntetést kapott, az állami kitüntetések közül a legnagyobb a 2009-ben elnyert Magyar Érdemrend Lovagkeresztje. Az Ericsson „Kutatók Éjszakája” fizikatanári program egyik szervezője, immár kilencedik alkalommal.

a diákokat. Azokkal a gyerekekkel, akik például most konkrétan a Telekibe járnak, a mai Nobel-díjas mérésekre bejártunk a Műegyetemre, s megérintette őket a kutatás. Én azt látom, hogy jelenleg nem divat tanulni, nem motiváltak a gyerekek, és a szülők sem lökik őket, hogy márpedig öregem tanulj, mert nem lesz belőled semmi és senki! Szerintem a diáknak az a dolga, hogy tanuljon!

Én poroszos iskolarendszerben nőttem fel. Azt mondhatom, nagyon jó volt. Hat napig jártunk iskolába, tehát volt szombaton is oktatás, és igazából az volt a dolgom, hogy hazamentem, leültem, tanultam vagy elmentem edzésre. Nyolcadikig sportoltam, és edzés után oldottam a matekpéldákat. Nekem azt mondták a szüleim, hogy százhusz százalékon kell teljesíteni, hogy abból nyolcvan kijöjjön. Most ugyanazt mondom a gyerekeknek, a diákoknak. Tehát azt gondolom, hogy ha megcélozzuk a százhusz százalékot, akkor a nyolcvanat meg lehet lépni, és ez meg is történt. Most bizonyította az érettségien az a két fiú, akik fizikus szakra felvételiztek az ELTE-re. Fel is vették őket, csak sajnos végül elmentek Hollandiába.

Én azt sajnálom nagyon, hogy hiába teszünk meg mindent, a társadalom nem hagyja, nem sugallja azt, hogy márpedig gyerekek itt kell maradni, itt kell tovább tanulni.

Teljesen más a mai gyerekek a motivációja. Azt látja a társadalomban, hogy sokan ügyeskedéssel megkeresik a sok pénzt, ez motiválja és nem az, hogy értelmes legyen. Sajnos a kollégák sokan azt mondják, hogy hagyni kell szegény gyereket. Hát úgyse kell neki ez soha az életben, miért piszkáljuk ezzel vagy azzal a kérdéssel. Ha fel se dobjuk a diáknak a labdát, hogy gyerekek ezt is lehetne, meg azt is, hanem mintegy „elfekvő” lesz a fizikaóra, akkor még azt a minimális esélyt sem adjuk meg, hogy az tanuljon, akit még esetleg lehet, hogy ki lehetne billenteni ebből a rettenő letargikus állapotból. Sajnos hiába látjuk, hogy kell haladni, de a tanulást nem lehet kiküszöbölni, tehát munka nélkül nincs siker.

SCs: Én egy kicsit messzebből indulnék. Valamikor a régi latinok azt mondták, hogy „non scholae sed vitae discimus” (Seneca), tehát nem az iskolának, hanem az életnek tanulunk.

A mai gyerek azt hiszi, hogy az iskolának kell tanulni, hogy a tanárok ilyen „szadisták”, akik azzal vegzálják őt, hogy neki ezt kell megtanulni, meg azt kell megtanulni. Ezt az érzést erősítik bennük a Hollywoodból jött tinifilmek is, amelyekben a tanár legtöbbször negatív szereplő. Ugyanakkor a fodrásztól, meg az apukától, meg az anyukától azt hallják, hogy „Jaj, édes fiam, én most már 50 éves vagyok, de a szinusz vagy a koszinusz soha életemben nem került elő. Nekem arra nem volt szükségem, neked meg ilyen hülyeségekkel tömik a fejedet, mert a tanárok ilyen szadista örültek” – vagy valami hasonló.

Én azt látom, hogy a mai iskola abba az irányba ment el, hogy nem igazából az életre készíti fel a gyerekeket. Inkább abból kellene kiindulni, hogy milyen az élet. A gyerek, amikor elvégzi az iskolát vagy akár az egyetemet, elmegy dolgozni. Ez a nagybetűs Élet. Mit kell csinálni akkor, amikor valaki dolgozik? Lesz egy főnöke, aki megmondja, hogy ez a feladat. Ezt meg kell csinálni, majd számonkéri. Ha teljesítette a feladatot, akkor jó, ha meg nem teljesítette, akkor először még csak annyit mond, hogy „ejnye, ejnye”. De másodjára már nem ússzuk meg ennyivel. Igen, erre kéne valahogy a gyereket felkészíteni. Hogy van valamilyen feladat, amit meg kell oldani, amit bizonyos idő múlva számonkérnek tőled, hogy megcsináltad, vagy nem csináltad-e meg. És ha nem csináltad meg, akkor ezért kapsz valamilyen büntetést, és ha ez rendszeresen előfordul, akkor az nagy gáz. Kereshetsz másik állást. Erre kéne tanítani!

Nyilván nem a kis hatéves gyerekekkel kell ezt nagyon szigorúan elkezdni, hanem mindenkiel az életkorának megfelelően. Szerintem valahogy ebbe az irányba kellene menni. Az iskolai rendszernek úgy kellene kinézni, hogy 18 éves korukra, mire odaérnek a gyerekek az érettségihez, addigra ehhez hozzá legyenek szokva. Feladatot kapok, meg kell oldanom, számonkérnek rajtam, hogy megoldottam-e vagy nem, és hogyha nem oldottam meg, akkor az gáz. Úgy látom, hogy ez a mai iskolában nincs meg. Vagy legalább is közel sem annyira, mint régebben.

Sokszor azt hallom különböző pszichológusoktól, hogy az iskola azért van, hogy a gyerek ott jól érezze magát. Ez egy teljesen más cél. Tehát én azt látom, hogy az iskola célkitűzése változott meg, és szerintem nem jó irányban.

Nagyon egyetértek Beával abban, hogy a gyerekeket rá kell nevelni arra, hogy munka nélkül nincs eredmény. Semmi sem potyog le az égből. Esetleg mégis lepotyog néhány szerencsés kivételnek, akinek milliárdos az apukája meg anyukája; vagy politikus, vagy én nem tudom micsoda. Akiknek úgy igazából munka nélkül nagy jövedelmek, meg jó életszínvonal, meg egyéb jut osztályrészül. Nagy általánosságban azonban munka nélkül nincs eredmény, meg kell érte dolgozni! Bármennyire

zordan hangzik is, erre a gyereket is rá kellene nevelni. Ez lenne az életre nevelés, a „non scholae sed vitae discimus” követelménye.

RK: A következő kérdésem az, hogy szerintetek hogyan lehet felkelteni a diákok érdeklődését a fizika, a természettudományos és a mérnöki pályák iránt, és ennek milyen nehézségeit látjátok.

JB: Én azt gondolom, hogy ne butítsuk le a tantárgyat! Csináljuk ugyanolyan szinten, mint mondjuk, ahogy azt az emelt szintű érettségire kérik. A tanórai kísérletekből, a különböző megfontolásokból minden diák le tud szűrni konklúziókat. Ne mondjunk olyanokat a diákoknak, hogy „ja, ez neked úgyse kell”, hanem dobjuk föl a labdát, hagyjuk őket szárnyalni! Mert ha csak egy vagy két diák lecsapja a labdát, és ötletel, hogy Ūristen, én mégse informatikára megyek, hanem inkább fizikus szakra, akkor már elértünk valamit. Azt gondolom, hogy ebben nagyon fontos a tanár szerepe.

Érdemes külső, szakmai előadókat hívni az iskolába. Azért, mert általában ők is ugyanazt mondják! Tehát nemcsak az a fránya tanár papol a katedráról, hogy igen, igen tanuljon, hanem lássák a diákok, hogy mindenki mögött ugyanaz az elhivatottság van. Ezért gondolom, hogy többen többek vagyunk a gyerekeknek is, mert így csak-csak leesik a számukra, hogy a tanár nem beszél hülyeséget. Nagyon jó volt például az a programunk, amikor visszajött egy régi diák, aki most már egyetemista, és visszahozta a barátait is, és elmondta az iskolában a tapasztalatait, jó tanácsait a diákoknak arról, hogy milyen is a felsőoktatás, mik a követelmények. Azt mondták, hogy „igen, most értettük meg tanárnő, hogy mit tetszett korábban mondani, sajnos túl későn esik le a tantusz”.

Mit kellene a szülőknek erősíteni? Azt látom, hogy például azoknak a szülőknek, akikkel a Krétán keresztül leveleztem, vagy bejöttek fogadóórára, és megtudják, hogy mi zajlik az iskolában, egészen más a hozzáállásuk. Azt gondolom, hogy nemcsak az osztályfőnöknek, hanem a szaktanároknak is folyamatosan írniuk kellene a Krétába a szülőknek, hogy most ide vinném a gyereket, oda vinném a gyereket szakmai tanulmányútra. Ha a gyerek nem kattant rá, esetleg a szülő rákattan. Volt olyan szülő, aki azt mondta. „Nagyon jó, hogy mennek Paksra, én is szívesen elmennék.” A tanár és a szülő összefogva jobban tudnának hatni a gyerekekre.

Sok mindent kellene mutatni a gyerekeknek, vendég-előadókat hívni, elvinni őket különböző laborokat látogatni, Paksra vinni. De ehhez nagyon kell az is, hogy az igazgatók támogassák ezeket a törekvéseket.

Nagyon sokat jelent, hogy a diákok igazi kutatókat, minősített embereket látnak, hallanak, hogy mi az ő munkájuk, mit csinálnak, és azt mennyire szeretik. Ez is nagyon fontos, hogy azt a munkát, amit csinál, szeresse, mert nagyon nem mindegy, hogy mit csinál az ember egész életében, amikor hosszú évtizedeket kell dolgoznia.

SCs: Az volt a kérdés, hogy hogyan lehet felkelteni a gyerekeknek az érdeklődését a fizika iránt. Én inkább azt mondanám, hogy azon kellene elgondolkodni, hogy hogyan lehet megőrizni a gyerekeknek az érdeklődését. A kisgyerek születésétől fogva ösztönösen érdeklődik az őt körülvevő világ dolgai iránt. Ez az evolúció során alakult ki, hiszen neki mielőbb meg kell ismernie a világot, hogy túl tudjon élni. Látom az unokáimon is, hogy mindent szét akarnak szedni, meg akarják nézni, hogy mi van benne, hogyan működik. Azt láttam például az Elektrotechnikai Múzeumba jövő gyerekcsoportok esetében is, hogy minél fiatalabb volt a csoport, annál inkább érdeklődött.

Az iskolában azonban elrontjuk ezeket az érdeklődéseket! Tehát meg lehet ugyan kérdezni, hogy hogyan kellene felkelteni a gyerekek érdeklődését, ha már az iskola egyszer elrontotta, de tulajdonképpen a fő kérdés az kellene legyen, hogyan kellene az iskolát megszervezni ahhoz, hogy ez a gyermeki, eredendő érdeklődés fennmaradjon.

Hiányoznak a tanulói kísérletek. Vannak ugyan jó tanárok, akik iskolai demonstrációs kísérleteket mutatnak be, majd elmagyarázzák, hogy ezt akkor most mértem, a mérési adatokból kiszámolom, kész, ennyi a nehézségi gyorsulás – például. De sajnos ez nem sokkal többet a gyerekeknek, mint ha megnéz egy filmet vagy egy youtube-videót a telefonján! Ez nem érdekli annyira, nem kelti föl annyira a gyerekek az érdeklődését, mint hogyha ő saját maga ott az órán vagy akár óra után vagy a szünetben vagy akár otthon csinálhat valamit. Azt láttam, hogy azok a gyerekek érdeklődnek leginkább a fizika iránt, azoknak marad meg az érdeklődése, akik valamilyen manuális dolgot csinálhattak, akár otthon is. Ha mást nem, akkor csinálnak egy kisautót, és akkor azt vizsgálják, hogy hogyan tud gyorsabban menni, hogyan lehet kormányozni. Vagy hogyan lehet például széllal hajtani, vagy akárkmivel? Vagy, hogy hogyan kell hajtogatni a papír repülőt, hogy az a legmesszebbre repüljön. A tanulói kísérletek visszaszorulásának nyilván megvan az oka, az óraszámok lecsökkentek. Az anyagi ellátottság sem teszi lehetővé azt, hogy olyan sok eszköz legyen, hogy minden tanulónak jusson. De valamilyen módon ezt mégis vissza kellene hozni! Tehát szerintem ez egy fontos dolog a fizikában, de a kémiában is, vagyis a természettudományokban, hogy a gyerek manuálisan saját maga csináljon valamit! A jelenlegi érettségi rendszer egy picit segít ezen, hogy most már nemcsak emelt szinten, hanem középszinten is kísérletet kell végrehajtani a diáknak.

RK: Honlapotokon nagyon sok saját készítésű animáció és szimuláció található. A Szilárd Leó Fizikaverseny döntőjének egyik eleme a szimulációs feladat, ami abszolút egyedülálló dolog a versenyek közt. Mi a szimuláció szerepe a kutatásban? Hogyan jelenhet ez meg az oktatásban? Milyen szerepe lehet az informatikai eszközöknek a fizika tanításában?

SCs: Én onnan indulnék ki, hogy vizsgáljuk meg Rutherford szórás kísérletét, amivel fölfedezte az atommagot, mert igazából az mutatja meg a tudományos kísérletezés módszereit. Valójában minden tudományos kísérletet lényegében ehhez hasonlóan terveznek meg. Rutherfordnak még a kísérlet elvégzése előtt volt egy elképzelése arról, hogy milyenek az atomok. Akkoriban ez a Thomson-modell volt, amelyből következtetéseket vont le, hogy minek kell bekövetkeznie, ha ezt vagy azt vagy amazt csinálja. És utána kísérletileg megpróbálta ellenőrizni ezeket a következtetéseket, és rájött, hogy a természet nem úgy működik, mint ahogyan ő azt a modell alapján elképzelte! Ilyenkor persze nem a természet rossz, hanem a modell, azon kell valamilyen módon változtatni. Akkoriban még nem voltak számítógépek. Az ő modellje lényegében egy matematikai modell volt, matematikailag ki lehetett számítani, hogy a Thomson-féle atommodell alapján, ha alfa-részecskéket bocsát az arany fóliára, azoknak hogyan kell szóródniuk. És a természet azt mutatta, hogy nem úgy szóródnak, hanem másképpen! Ezért kellett egy másféle modell, amely azt a fajta szóródást írta le, ahogy az a valóságban történt.

A Higgs-bozont 2012-ben fedezték föl az LHC-ban. Ha ezt a kísérletet, ezt a felfedezést is analizáljuk, akkor lényegében azt látjuk, hogy ugyanúgy történt, mint amit Rutherford csinált. Elégge leegyszerűsítve: van egy modell, a részecskefizika Standard Modellje, ami most már nagyon bonyolult. Nagyon sokféle dolog van benne, de egy jól fölépített modell. Azonban már annyira bonyolult, hogy papíron, ceruzával meg logarléc segítségével nem – sőt, akár egy egyszerű kalkulátor segítségével sem – lehet kiszámolni a különböző kísérletek lehetséges kimeneteleit. Ebben a bonyolult modellben már csak számítógéppel lehet számításokat végezni. Elkezdtek működtetni a modellt, és megnézték, hogy minek kell kijönni az LHC-ban bizonyos kísérletek esetében. Kijöttek mindenféle görbék, hogy így kell kinézni, meg úgy kell kinézni, meg amúgy kell kinézni. Gyakorlatilag ugyanazt csinálták, mint Rutherford. Hogy minek kellene kijönni, hogyha olyan lenne a világ, mint amilyennek a modell mutatta. Utána megcsinálták a kísérletet, és látták, hogy nem olyan. Hogy nem olyan görbék jöttek ki, hanem az egyik helyen volt rajta egy csúcs. Volt rajta egy hupli, amelynek ugye a modell alapján nem kellett volna ott lennie. Akkor ez a csúcs azt mutatta, hogy a világ nem teljesen olyan, mint ahogy azt a modell leírja, hanem még bele kell tenni a Higgs-bozont is, amit így lehetett felfedezni.

Ebből látszik az, hogy a tudományos kutatásnak ma-napság már olyan bonyolult rendszerei vannak, amelyeket papíron ceruzával már nem nagyon tudunk kiszámolni. Feltétlenül szükségünk van olyan eszközökre, amelyek ezt a bonyolult rendszert kezelni tudják. Ezek a számítógépek. A számítógépek meg tudják mondani, hogy mi történne, ha így működne, ha úgy működne, tehát bele tudunk építeni bizonyos dolgokat, ki tudunk belőle venni bizonyos dolgokat, és így tovább. Tehát a szimulációk ilyen szempontból most már teljes egészében

polgárjogot nyertek a tudományos kutatásban is. Mert a szimuláció eredményével tudjuk összehasonlítani a tényleges kísérletek eredményeit!

A szimulációnak vannak egyéb nagyon nagy előnyei is, mert például vagy le tudják lassítani vagy fel tudják gyorsítani az időt. Krausz Ferenc előadásában lehetett látni, hogy az atomi rendszerekben vagy a molekulákban az elektronfelhő hogyan mozog. Ez a valóságban elképzelhetetlenül gyorsan, attoszekundumos skálán történik, de a szimulációt le lehetett lassítani úgy, hogy mi is lássuk. Más esetekben pedig föl lehet gyorsítani az időt. Például meg lehet nézni, hogy a radioaktív hulladékokból mi lesz százezer év múlva. Szimulálni lehet a különböző radioaktív hulladékok bomlását, azok egymásba való átalakulását, a radioaktív láncokat. Meg lehet nézni, hogy egy adott összetételű radioaktív hulladék hogyan fog viselkedni százezer év múlva, és annak alapján lehet megtervezni, hogy milyen mérnöki gáttal kell azt körbevenni! Tehát a szimulációnak a műszaki életben is és a tudományos életben is óriási szerepe van.

RK: Köszönöm szépen a kiváló példákat! Hogyan tudunk informatikai eszközöket használni közvetlenül az iskolában?

JB: Példaként egy nagyon jó mobilos applikációt mondanék. Azt dolgozták ki a fejlesztők, hogy konkrétan hogyan lehet mérni egy lufiban levő golyó szabadesésének az idejét. Úgy csinálták, hogy amikor különböző magasságban kipukkasztották a lufit, a benne lévő fémgolyó szabadon esik, majd koppan a lenti fémfelülettel. A lufi kipukkanása és a golyó koppanása közötti csend idejét ezzel az applikációval lehet mérni. Persze ez nem tökéletes, hiszen vannak véletlenszerű körülmények, amelyek befolyásolhatják a golyó indulásának kezdeti feltételeit, mégis egészen jó eredményt ad a mérés.

Tehát saját eszköz, mobiltelefon, ingyenes applikáció és ingyenes szoftver használható a méréshez, amit nagyon sok más méréshez – például a hangsebesség méréséhez – is lehet használni. Ezt meg lehet valósítani az egész osztállyal is. Tehát én azt gondolom, hogy a méréseknél lehetne mobiltelefont használni. Továbbá nagyon jó a mobiltelefon a Kahoot-tesztekhez, mely akár a diákok előzetes tudásának felmérésére, akár számonkéréshez is nagyon jól alkalmazható.

RK: Mi a meglátásotok a mesterséges intelligenciával és annak lehetséges iskolai alkalmazásával kapcsolatban?

Ezzel ugyan kicsit a jövőbe megyünk, de ezzel kapcsolatban mi a véleményetek?

SCs: Szerintem a mesterséges intelligencia legalább olyan forradalmi dolog, mint amikor a számítástechnika megszületett. Tehát jelenleg el sem tudjuk képzelni azt, hogy mennyire át fogja alakítani a világunkat. Valószínűleg át fogja alakítani az iskolát is. Azt nem tudom, hogy miként fogja átalakítani, de az mindenesetre látszik, hogy vannak olyan dolgok, amelyek a hagyományos iskolai rendszerrel nem kompatibilisek. Például az, hogy a mesterséges intelligencia simán megoldja a szokásos házi feladatokat. Tehát, aki megtanulta használni a mesterséges intelligenciát, annak igazából nem nagyon lehet olyan feladatot adni, mint amit a jelenlegi iskolarendszerben kapnak a diákok. A házi feladatok pedig igen fontosak, mert ezek során kellene begyakorolják a diákok az órán tanultakat. Ha ezt helyettük a mesterséges intelligencia teszi meg, akkor a begyakorlás elmarad. Az iskolarendszer valószínűleg gyökeresen át kell majd alakítani, de hogy hogyan, szerintem azt még senki se látja. Az a véleményem, hogy az iskolában ez ellen egy dolgot lehet csinálni jelenleg: a szóbeli kikérdezést. Amikor nekem meg kellett védenem a disszertációm, akkor szóban kellett válaszolni a feltett kérdésekre, és nem volt arra lehetőségem, hogy bárkit is – akár telefonos segítséget vagy mesterséges intelligencia segítségét vagy hasonlót – kérjek, hanem akkor feltették a kérdéseket a dolgozatomban írtakkal kapcsolatosan. Ha azt a dolgozatot a mesterséges intelligencia készítette volna, akkor nem tudtam volna azokra kielégítően válaszolni (persze akkoriban ez azért sem lett volna lehetséges, mert akkor még nem volt mesterséges intelligencia). A mesterséges intelligencia – szerintem – ismét előtérbe fogja helyezni a szóban történő számonkérést az iskolában. Az iskolai mobiltelefon-használat jelenlegi korlátozása egy preventív lépés. Arra jó, hogy az iskolai írásbeli számonkéréseknél kikapcsolja a mesterséges intelligencia bevonását, de még nem oldja meg a házi feladatok problémáját.

RK: Nagyon szépen köszönöm nektek a beszélgetést!

Ajánlott olvasnivaló

Jarosievitz–Sükösd – Dr. Jarosievitz Beáta és Dr. Sükösd Csaba személyes weblapja (sukjaro.hu)

Az Országos Szilárd Leó Fizikaverseny szimulációs feladatai – Jarosievitz–Sükösd (sukjaro.hu)



KUTATÓK ÉJSZAKÁJA – „ÖVEGES TANÁR ÚR UTÓDAI” – A FIZIKA NÉPSZERŰSÍTÉSE FIZIKATANÁROKKAL ÉS SZTÁROKKAL 3 ÉVES KORTÓL, INFORMÁLISAN

Jarosievitz Beáta

Budapest XIV. Kerületi Teleki Blanka Gimnázium, Budapest

E-mail: jarosievitz@gmail.com

Bevezetés

Az Európai Kutatók Éjszakája (angolul European Researchers' Night) az Európai Bizottság Marie Skłodowska-Curie Actions kezdeményezésére és támogatásával az EU-ban és azon túl megrendezett programsorozat, amelyet minden év szeptember utolsó péntekén rendeznek meg. Célja a kutatói életút bemutatása és vonzóbbá tétele.

A 2005-ben indult kezdeményezés 2006 óta Magyarországon is évente sok különböző helyszínen vonzza az érdeklődőket. A fesztivál célja a tudomány közelítése a társadalomhoz, a tudományos eredmények népszerűsítése és elsősorban az, hogy növelje a tudományos karrier vonzerejét a fiatalok, a 6–18 éves diákok körében.

A Kutatók Éjszakája rendezvénysorozat évről évre megmutatja, hogy a tudomány nemcsak hasznos, hanem szórakoztató, figyelemfelkeltő is lehet. A fizika népszerűsítése érdekében az elmúlt kilenc év során az Eötvös Loránd Fizikai Társulat megbízásából az Ericsson Magyarország kft.-nek köszönhetően már kilencszer válhattunk Öveges József tanár úr utódaivá. Kiemelkedő programokat szerveztünk a kicsik és nagyok számára, meghívtuk azokat a magyar fizikatanárokat, akik méltán tekinthetők Öveges József professzor, a legendás fizika tanár utódainak.

A rendezvény fő üzenete, hogy a fizika körülöttünk van, és szinte játékosan tanulható.

A program nemcsak a tanulás örömeit kínálta, hanem inspirációt is nyújtott: megmutatta, hogy a tudományos érdeklődés bármely életkorban felkelthető, és hogy a tanárok szerepe kulcsfontosságú a jövő generációinak formálásában. Ahogy Öveges tanár úr mondta: „a fizika csodái az egyszerűségükben rejlenek”.



Dr. Jarosievitz Beáta 2022-től kezdve és jelenleg is a Budapest XIV. Kerületi Teleki Blanka Gimnázium fizikaszakos tanára (főiskolai tanár, mesterpedagógus, tanfelügyeleti szakértő, közoktatási szakértő: fizika, informatika) és a „Természeti” munkaközösség-vezetője, az iskola akkreditált kiváló tehetségpontjának kapcsolattartója. Szívügye a fizika népszerűsítése. 9 éven keresztül az Ericssonnal közösen sikeresen megszervezte az „Öveges tanár úr utódai” elnevezésű ismeretterjesztő előadásokat, 10 éven keresztül (2006–2015) a CERN-beli tanártovábbképzést.

A program pedagógiai értéke: a formális-nonformális-informális tanulás ismertetése

Jól ismert, hogy a formális-nonformális-informális tanulás fogalomhármását Philip H. Coombs alkotta meg a hetvenes években. Már akkoriban a formális oktatási rendszerek (didaktikailag tervezett, zárt rendszerű, kötött tanulás) válságának vizsgálatával foglalkoztak. A Coombs-féle megközelítés szerint a formális oktatási rendszerekben a tanulási folyamatoknak csak a töredéke zajlik, de léteznek olyan egyéb dimenziók is, amelyekben szintén ismereteket, készségeket sajátítanak el a résztvevők. Értelmezésében a formális oktatás megegyezik a hagyományos iskolarendszerű oktatással. „Nonformális (vagy nem formális) oktatás alatt Coombs az iskolarendszeren kívül történő, de szervezett keretek között zajló, határozott céllal történő tanulási formákat érti, míg az informális tanulás változatos színtereken – családban, közösségi szinten – kötetlen, nem szervezett formában történik”.¹ Az informális tanulás előnye az olyan információszerezés, valamint a képességfejlesztés, amelynek során kialakulnak (vagy átalakulnak) az egyéni attitűdök, értékek, készségek.

Coombs már tanulmányában kiemeli, hogy ebben a fenti hármas felosztásban a formális oktatás háttérbe szorul, az ismereteket, a tudás meghatározó részét nem ebben a hierarchikusan felépített, zárt rendszerben szerzik meg az érdekeltek. A Coombs-féle megközelítésből kiderül, hogy a tanuló ilyenkor szakít a hagyományos tanár- és oktatáscentrikus felfogással. Létrejön egy paradigmaváltás, megerősödik az egész életen át tartó tanulás paradigmájának tanulásközpontúsága.

A formális-nonformális-informális fogalomhármás számos megközelítésben létezik, eltérő értelmezésekkel. A kérdéssel azóta is többen foglalkoznak, de az Európai Bizottság 2000-ben megjelentetett „Memorandum az egész életen át tartó tanulásról” című dokumentuma² jelenti az igazi mérföldkövet. Az európai uniós dokumentumokban az informális tanulás a nem formálissal

¹ http://janus.ttk.pte.hu/tamop/tananyagok/felnottkori_tanulas/11_formlis_nonformlis_s_informlis_tanuls.html

² A Memorandum on Lifelong Learning. Commission Staff Working Paper. Commission of the European Communities. Brussels, 30.10.2000 SEC(2000) 1832, illetve Komenczi Bertalan: Az Európai Bizottság memorandumja az egész életre kiterjedő tanulásról. Új Pedagógiai Szemle, 2001. június.

együtt jelenik meg, a formális-hoz hasonlóan állandóan jelen van.

A szakirodalmának vizsgálata alapján megállapítható, hogy az informális tanulás a különböző tevékenységekhez, leggyakrabban munkatevékenységekhez kapcsolódik; legtöbbször még a szabadidőben is valamilyen formában jelen van. Éppen ezért mindig aktuális kérdésről van szó, amely egyfajta kihívást jelent a kutatóknak, oktatóknak. Fontos lenne tisztázni az informális és nem formális tanulás felismerésének szabályait, feltételeit, ugyanakkor kihívást jelent a nem formális tanulási keretek egyfajta szervezett formában való megteremtése. Az általunk szervezett „Öveges tanár úr utódai” című program a Kutatók Éjszakája keretében ebből a hármából a nem formális tanuláshoz áll a legközelebb. Szervezőként célunk a nem formális tanulás lehetőségét biztosítani azzal a céllal, hogy a programra érkező hallgatóság másfajta – de szervezett – keretek között tanulhasson innovatívan, és észrevétlenül megkedvelje a természettudományos tárgyakat, megszeresse a fizikát.

Ugyanakkor fontosnak tartjuk a tanulási keretek minőségének biztosítását is, ezért programunkba az ország legjobb, legképzettebb pedagógusait hívtuk vendégül (többségük már Ericsson- vagy Rátz tanár úr-díjat is nyert), akik lelkesen adták át tudásukat a résztvevőknek, és kísérleteztek a bátrabb fiatalokkal, gyerekekkel.

A nem formális tanulás hatása

Az eddigi tapasztalataim szerint az „Öveges tanár úr utódai” program nagyon sikeres, a közönség sok új él-ménnyel, információval feltöltődve távozott a mindig teltházas programsorozatról. A megkérdezettek mindannyian pozitívan nyilatkoztak a látottakról, és egyre többen várják az újabb évet, hogy visszatérhessenek, és ismét láthassák Öveges tanár úr utódait. A visszajelzéseket konkrét tények is alátámasztják: 2016-ban és 2024-ben még éjfélkor is telt házzal zártuk az előadásokat; még az általános iskolás kicsik is csillogó szemmel figyeltek, és részesei voltak az interaktív kísérleteknek. A változó korosztály, a változatos közönség miatt a tapasztalatok felmérése érdekében nem lehet kérdőíves vizsgálatot készíteni, csak akciókutatást. Az akciókutatás eredményeit elemezve örömmel tapasztaltuk, hogy hatalmas igény van a programra, a kísérletezésre, a kutatáson alapuló tanulásra (inquiry-based learning, IBL), a megfigye-



1. ábra. Inquiry-based learning, IBL (Saját készítésű ábra)

lésen alapuló jelenségek megértésére, megbeszélésére (1. ábra). A nem formális tanulás, program nemcsak egyfajta showműsor, a bemutatott kísérletek a kutatáson alapuló tanulásra épülnek.

Az eddigi rendezvények közül az alábbi, legsikeresebb programokat emelem ki.

A 2012-es rendezvényről

Kiemelt célunk volt, hogy a fizika a fő áramlatba kerüljön,³ és ezért olyan kísérleteket mutattunk be, amelyek újszerűek, egyszerűek, figyelemfelkeltők és fizikaórákon is reprodukálhatók voltak.

A rendezvényre évről évre több és több diák jött el, de egy-egy 20 perces előadásra maximum 80–100 fő fért be a régi terembe. Ám a termen kívül rekedt nézők sem maradnak kísérlet nélkül, ők a terem előtt, monitoron nézhették és hallgathatták a bemutatókat, majd a szünetben cseréltek helyet a bent ülőkkel. Természetesen azokra a nézőkre is gondoltunk, akik otthon maradtak, és onnan szerették volna szemlélni az eseményeket, vagy a rendezvénnyel egy időben más helyszínre látogattak. Az est teljes ideje alatt élő internetes közvetítés volt, illetve később az archívumból minden előadás letölthető, megtekinthető volt. Egyik előadóként a hallgatóknak a krumpliáramforrást, a fakirágyat, a hajam és a lufi közötti dörzsölés eredményét mutattam be az érdeklődőknek (2. ábra).



2. ábra. A krumpliáramforrás és a fakirágy bemutatása

A 2013-as rendezvényről

Ez a rendezvény egy kicsit más volt, mint az előző évi, hiszen olyan sztárokkal együtt kísérletezhettünk a színpadon, mint Szinetár Dóra Jászai Mari-díjas színésznő,

³ http://www.szinpardon-a-tudomany.hu/PonS_1_2001/htm/default.htm

énekesnő és Kovács Kokó István olimpiai és világbajnok magyar ökölvívó. A sztárok nagyon lelkesen vettek részt a kísérletezésben, ugrottak a színpadra a felkérésünkre.

A fiatalok kedvencét, Hient (Nguyen Thanh), a vietnami származású magyar énekesnőt és zeneszerzőt is színpadra hívtuk, aki egyben a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem hallgatója is volt akkori-



3. ábra. Hőlégballon indítása 2013-ban

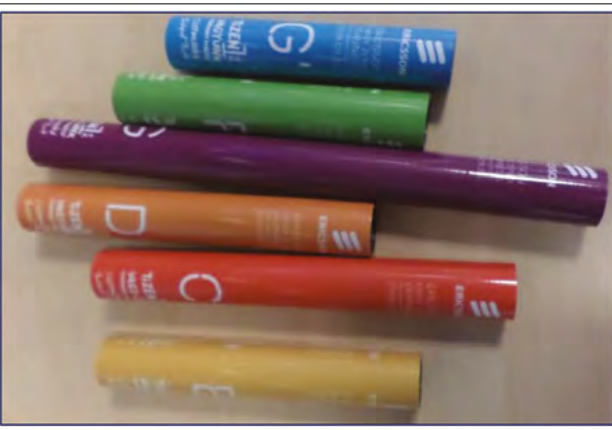
Kokó aktívan tevékenykedett a hőlégballon startjánál (3. ábra).

Dóra még a teafilter égetését is hősieesen felvállalta. A bevezető kísérletek után az elismert, valamint az ország különböző helyeiről meghívott Ericsson-díjas tanárok az osztálytermekben ritkán látott kísérleteiket mutatták be a sztárok, a gyerekek aktív részvételével.

A Kutatók Éjszakáján fellépő tanárkollégák az ország legjobbjai közé tartoznak, akik motiváltak, és fáradtságot nem kímélve mindig újabb és újabb ötletekkel kápráztatják el a nézőket.

A 2014-es rendezvényről

A 2014-es program egyik különlegessége volt a több mint 4100 fős hangtani kísérlet megvalósítása. Az előadóteremben minden résztvevő a kezében tartotta az előzetesen levágott, különböző színre festett és különböző hosszúságú, adott hangmagasságra hangolt, 20 mm átmérőjű műanyag csődarabot, amelyet egy időben 2014. szeptember 26-án 19 óra 50 perctől 20 óráig használt az Örömóda (Beethoven IX. Szimfóniája) első négy ütemének megszólaltatására (4. ábra).



4. ábra. 2014-es életkép és a hangolt csövek

ban. Végül az est „vizes” vendége Szívós Márton világbajnok, harmadik generációs vízilabda-játékos is a színpadra lépett.

Az izgalmas est megnyitásaként a sztárokkal együtt kísérletezett néhány csillogó szemű kis diák is, akiket véletlenszerűen választottunk ki a tömegből.

Öveges szavaival élve próbáltuk „az alkotó ember előtt még gyönyörűbbé tenni a világot”.

„Az alkotó ember előtt végtelen a tér. De ha tudásunkat nem is használjuk fel feltétlenül újabb alkotásra, akkor is minden ismeret még gyönyörűbbé teszi előttünk a világot” (Öveges József).

A négy sztár egyszerre vett részt a rakétakilövésben, majd Szívós Márton ezúttal a Cartesius-búvárt „lökte a víz alá”. Hien Bernoulli törvényét figyelte, miközben ezúttal a hajszáritóval nem a haját száritotta, hanem a pingponglabda útját terelgette. Szinetár Dóra és

A teremben élő közvetítéssel figyeltük a Budapest Parkban részt vevő tömeget, akiknek a közös csözenélését a fiatalok egyik kedvenc zenekara, a Punnany Massif irányította.⁴

A közös zenélést a cső mellé adott tájékoztatón leírt cselekvési forgatókönyv szerint a színpadról moderálták, és így alakították meg a több ezer fős spontán zenekart, amelynek egyes szekciói a különböző csövekkel szólaltatták meg a különböző magasságú hangokat a színpad felett kivetített vezénylő animáció segítségével.

Az egész eseményt a Ustream videostream-szolgáltató technológiája segítségével az interneten élőben közvetítették. 19 óra 28 perckor Kovács Áron moderátor a színpadon köszöntötte az érdeklődőket, a sikeres együtt-

⁴ <http://www.magyarrekord.hu/tobb-mint-negyezren-zeneltek-muanyag-csovekkel-a-budapest-parkban/>

működés ellenére csak egy Guinness-rekordkísérlet lett ez a hangtani kísérlet, mivel a robogó hév hangja megzavarta az eseményt.

A 2017-es rendezvényről

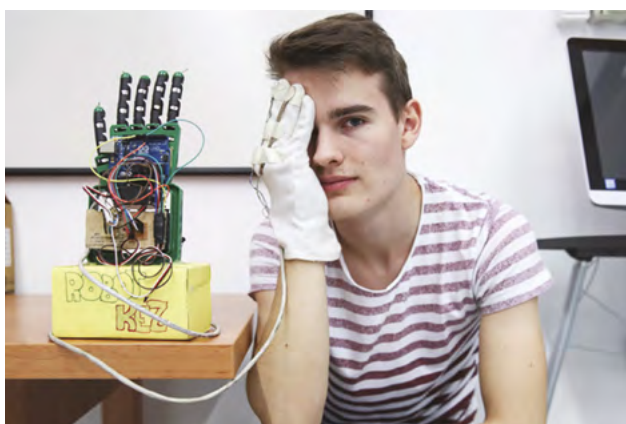
A 2017-es rendezvény különlegessége abban rejlett, hogy ez alkalommal több fellépő kolléga is diákjaival együtt érkezett és kísérletezett. A tanárok diákjai is színpadra léptek, és együtt kísérleteztek a bevállalós fiatalokkal, a teremben ülő nézőkkel.

Törökbálintról, a Bálint Márton Általános és Középiskolából *Oláh Éva* kolléganő 15 olyan diákjával együtt érkezett, akikkel a fizika és a zene kapcsolatával kápráztatták el a közönséget – köztük még a külföldről érkező, európai bizottsági megfigyelőt is.

A tanárnő már harmadszor is vendége volt ennek a rendezvénynek, diákjaival saját készítésű hangszerekkel hívták közös zenélésre a résztvevőket, és a közös éneklésnek köszönhetően fantasztikus hangulatot alakítottak ki (5. ábra).



5. ábra. A fizika és a zene kapcsolata (2017-es Kutatók Éjszakája)



6. ábra. A jeltolmács-kesztyű és alkotója

Az est alkalmából nagy érdeklődéssel vártuk tanárunkkal együtt Nyíregyházáról a jeltolmács-kesztyűt és alkotóit (6. ábra).⁵

⁵ <https://www.nyiregyhaza.hu/post/tajvani-bankis-siker-nemzetkozi-versenyen-a-jeltolmacs-kesztyu-es-alkotoja-2018-02-18>

Az innovátor diáktól és tanárától megtudtuk, hogy a kiváló alkotóknak köszönhetően a jeltolmács-kesztyű segítségével a halláskárosult emberek a jelnyelv segítségével kommunikálnak. A sikeres diákok projektjükkel a hazai, és a határon túli kutató, és innovatív fejlesztő diákok seregszemléjén is elkápráztatták a közönséget.

A 2019 és 2024 közötti években sajnos a Covid miatt egyetlen egy rendezvényt sem lehetett megtartani személyes jelenléttel, így 2024-re már mindenki szinte tombolt a vágytól, hogy újra utódai lehessünk Öveges tanár úrnak, és meg lehessen tartani a Kutatók Éjszakája programot.

A 2024-es rendezvényről

Az idei rendezvényen egy régi álmom vált valóra, ezúttal a diákjaimmal együtt állhattunk színpadra, kísérletezhettünk egy előre megírt forgatókönyvet követve.

A motivációm évek óta megvolt, hiszen a 2009/2010-es tanévben bemutatott „Alice in Chemistryland”⁶ című színpadi produkcióval, diákjaimmal együtt a Science on Stage nemzetközi versenyen való fellépés jogát is megnyertük, és a nemzetközi delegáció tagjaiként a tavaszi szünetben Koppenhágába utazhattunk. A színdarabot egy kilencedikes diák írta angolul, a színpadképet teljes mértékben a diákok tervezték. Ez az elbűvölő produkció érdekes kísérletekkel szórakoztatta a közönséget, egyúttal megtartotta a diákjaink által teremtett „kémikus” hangulatot.

Átélve az előzmények nehézségeit és sikereit ezúttal is nagyon nagy motivációval hirdetem meg az iskola diákjainak a „Kedvenc hőtani kísérleteim” című előadásban való részvételt (7. ábra).

A fizikát szerető önkéntes diákjaim és vállalkozó szellemű tanárkollégám szorosan együttműködött egymással, és így igazi csapatként sikeresen mutattuk be közösen az általam írt zenés show produkciónkat, amely a fizika törvényeit énekekkel és kísérletekkel tette könnyebben megjegyezhetővé és megszerethetővé.

A diákok önként jelentkeztek a fellépésre, és nagyon jó hangulatban zajlottak a szeptemberi próbák. 14 fő lépett föl iskolánkból a hőtani alapfogalmakat, folyamatokat ismertető show során. Két lány gitározott, egy lány zongorázott, és a férjem, *dr. Sükösd Csaba* fizikus is kísérté időnként a 14 fős csapatunkat elektromos zongorán.

Fellépésünk kiemelt célja volt érthetően elmagyarázni a hőtani jelenségeket, megszerettetni, népszerűsíteni a fizikát.

Az előadás elején csapatunk az Illés együttes „Újra itt van...” indulójával vonult be a színpadra.

Ezt követően Celsius és Lord Kelvin egy kicsit vitatkozva győzték meg a laikus kérdezőt, hogy nem csak egy hőmérsékleti skála létezik, és magyarázták a termikus egyensúly fontosságát.

⁶ <https://sukjaro.hu/jb/tehetseggondozas-projektek/alice/>



7. ábra. Kutatók Éjszakája 2024



8. ábra. Egyeztetés a hőmérsékleti skálákról

Az újabb jelenetben, új szereplőkkel a lineáris hőtágulás gyakorlati életben való fontosságát, majd a gázok hő hatására bekövetkező tágulását ismerhettük meg kísérlettel, magyarázattal (8. ábra).

Fellépésünk nagyon sikeres volt, a diákoknak nagy élményt jelentett a megmérettetés a több mint 200 fős, tömött teremben, és az online közvetítést követő nézők előtt.

Diákjainknak igazi megpróbáltatásban volt részük, hiszen 40–45 percig a szó szoros értelmében mindenki reflektorfénybe került!

A visszajelzések mind a szülők, mind a tanárok, és a cég részéről is nagyon pozitívak voltak.

Bízunk benne, hogy jövőre újabb diákcsoporttal állhatunk színpadra. Akinek van kedve, fellépésünket itt is megnézheti: https://www.youtube.com/watch?v=2t-P_5nx8Z3g; bővebben: https://fizika.tbh.hu/2024_2025-tanev.

Összefoglalás

A Kutatók Éjszakája rendezvény nemcsak a tudományos ismeretek terjesztéséhez járult hozzá, hanem erősíti a közösséget és a társadalmi párbeszédet is, hangsúlyozva a kutatás és az innováció mindennapi életre gyakorolt pozitív hatásait.

Öveges József tanár úr szellemi öröksége nyomdokain haladva ma is sok tanár, diák és ismeretterjesztő törekszik arra, hogy kreatív, élményszerű módon mutassa be a fizika és más tudományterületek csodáit; ezt tettük mi is.

Az ilyen elhivatott utódok nélkülözhetetlen szerepet játszanak abban, hogy a tudományos ismeretek közelebb kerüljenek a hétköznapiakhoz és a jövő generációihoz.

Külön köszönet az Ericsson Magyarország Kft.-nek, hogy felismerte a nagyközönség – elsősorban a fiatalok – természettudomány iránti motivációjának jelentőségét, és évről-évre helyszínt és anyagi támogatást biztosít ennek a rendezvénynek.

TEGYÜNK NÉHÁNY KÖRT ARKHMÉDÉSZ KÖRÜL!

A CSODÁK TANODÁJA CSAPAT SZEREPLÉSE

A KUTATÓK ÉJSZAKÁJÁN

Hasznosi Tamásné
Sashalmi Tanoda Általános Iskola, Budapest
E-mail: hasznosib@gmail.com

A csapat létrejöttének rövid története

A kezdetektől az Ericsson Házig

A XVI. kerület öt falu egyesítéséből jött létre. És valóban úgy is működik, mintha falu lenne. Szinte mindenki mindenkit ismer. Az iskolai, kerületi rendezvények összefonódnak. Például a Szent Mihály-napi búcsúra a templomhoz közeli iskolákat hívják meg rendszeresen, hogy diákjaik szereplésével tegyék színesebbé a vásári forgatagot. A mi iskolánk, a Sashalmi Tanoda Általános Iskola is meghívást kapott minden évben. Amikor az iskolába kerültem matematika-fizika tanárnak, felmerült az ötlet a búcsú szervezőjében, hogy mi lenne, ha a kis fizikusaimat kihoznám a színpadra, és nemcsak az iskola falai között mutatnának be kísérleteket, hanem színpadon az érdeklődő közönségnek is, amolyan Csodák Palotája-stílusban. „Ti lehetnétek a Csodák Tanodája” – mondta Petrovics Sándor, a búcsú főszervezője, és ezzel meg is pecsételte a sorsunkat. Így született meg a kis csapat. Azóta minden évben (a Covid időszakát kivéve) ott vagyunk a Szent Mihály-napi búcsún. Persze az első fellépők azóta már egyetemisták, de mindig van utánpótlás a hetedik, nyolcadik évfolyamosok közül. A hírünk a kerületben máshová is eljutott. Így már szerepeltünk egy-egy kö-

zösség nyárbúcsúztatóján vagy gyermeknapi műsorában is. Az elmúlt tanévben a Győri Mobilis Kísérletbazár versenyén is megmérettettük magunkat, és elnyertük a verseny különdíját.

Az Ericsson Házban idén már másodjára szerepeltünk. Először 2019-ben hívtak minket dr. Jarosievitz Beáta a Kutatók Éjszakájára, az „Öveges tanár úr utódai – Fizikai kísérletek nem csak tudósoknak” című programra előadónak (1. ábra).



1. ábra

Mit vigyünk a közönség épülésére idén?

Kell egy jó ötlet!

Nagyon sokat gondolkodtam, milyen kísérletekkel álljunk elő. Elég nehéz állandóan új repertoárt varázsolni. A programfüzet, illetve a plakát elkészítéséhez pedig már a nyakamon volt a cím leadásának határideje. Eközben az iskolában elérkeztünk a felhajtóerő témaköréhez a hetedikeseikkel. Az Arkhimédészhez kapcsolódó történetek, kísérletek minden gyereknek felkeltik az érdeklődését a fizikaórákon. Arra gondoltam, hogy miért ne lehetne az ő életének, felismeréseinek, illetve azok felhasználásának a felfedezése a középpontban a Kutatók Éjszakáján is? Hiszen ahogy egy újszülöttnak minden vicc új, úgy a hetedikeseimnek is nagyon sok újat mondtam, mutattam a témakörben a fizikaórákon, és valószínűleg így lesz ezzel az Ericsson Ház nagytermének közönsége is. Amúgy



Hasznosi Tamásné 1990-ben szerzett matematika-fizika szakos általános iskolai tanári diplomát az ELTE TFK-n. Jelenleg a Budapest XVI. kerület Sashalmi Tanoda Általános Iskola matematika-fizika szakos tanára. 2013 óta a matematika és fizika tantárgy kerületi gondozója. Fizika szakos kollégáival életre keltette a népszerű Sas Elemér Kerületi Fizika Csapatversenyt. Szerepet vállalt a tanárképzésben és a fizika tanításának módszertani kutatócsoportjában. Munkáját több kitüntetésben is elismerték. Tanítása során fontosnak tartja, hogy diákjai a kutatásalapú tanulás módszerével ismerkedjenek meg a fizika törvényeivel. Csaknem 10 éve alapította meg a Csodák Tanodája nevű csoportját, amely már másodízben vett részt az Ericsson Házban a Kutatók Éjszakáján előadóként.

is az a tapasztalat, hogy egyre kevésbé ismerik a gyerekek még a klasszikus tantermi kísérleteket is.

A bemutatóinknak mindig van egy gerince, amire a kísérletek felépülnek. Így lett idén a címe az előadásunknak: *Tegyük néhány kört Arkhimédész körül!*

A kísérletek kiválasztásának több szempontja van. Először is az adott körülmények között megvalósítható legyen, s egyáltalán, reális legyen az eszközöket eljuttatni a helyszínre. A következő kritérium, hogy a kísérletet gyerekek is biztonságosan el tudják végezni, be tudják mutatni. És persze nagyon fontos, hogy figyelemfelkeltő, esetleg a megszólított kisiskolás korosztálynak még újdonság legyen. Azt, hogy milyen lesz a kísérlet fogadtatása, a csapaton szoktam tesztelni. Most is így volt. A nyár folyamán összeszedtem a kísérleteket egy listában; többet, mint ami valóban megvalósulhat. Természetesen úgy, hogy a kísérletek valamilyen szempont szerint egymásra épüljenek, és ehhez a logikai felépítéshez elkészítettem a szöveggönyv első változatát. Ebben a nevek helye még üres volt, és nem minden kísérlethez volt leírva a teljes magyarázat.¹

Újra együtt a csapat!

Kezdődhet a felkészülés

Első nap az iskolában. A gyerekek már nagyon izgatottak voltak. Nagyon várták már ezt az újabb fellépést. Persze voltak új arcok, akik a továbbtanuló diákok helyébe léptek. Megosztottam velük az ötletemet. A csoport nagy része még nem is tanult ezekről a kísérletekről, hiszen idén kezdték az órarend szerinti fizikatanulást; eddig csak a szakkörön ismerkedtek a fizika rejtelseivel. Kezdődött a felkészülés.

Először elmeséltem nekik Arkhimédészről azt, amit majd ők fognak megosztani a közönségükkel. Aztán jöttek a kísérletek. Mindenki jelentkezhett, hogy melyiket szeretné ő csinálni, és ki fog neki segíteni ebben. Megbeszéltük, hogy melyik kísérlet maradjon, és melyiket hagyjuk ki, mert nem is fog beleférni a 40 percünkbe. Közben a szereplőkhöz igazodott a szöveggönyv, amit ők is kiegészíthettek, így téve egyéniségükkel élettélivé az előadást. A szöveggönyvre szükségük van a gyerekeknek. Biztonságot ad nekik, segít, hogy helyesen fejezzék ki magukat a kísérlet megmagyarázásakor.

Tíz hetedikes és egy nyolcadikos vállalkozott a szereplésre. Egy kislány volt a fiúk között. De még valami hiányzott. Itt most kellett valaki, aki a műsorvezető, a kommentátor szerepét be tudja tölteni a kísérletek közben, aki meg tudja szólítani a közönséget szabadabban, ha kell improvizálva, az adódó helyzetben ügyesen megtalálva magát. Találtunk is erre egy tizenkettedik gyermeket – egy nyolcadikos fiatalembert –, aki tökéletesen alkalmas volt a feladatra. Ez már a próbákon is kiderült, és nagyon szívesen csatlakozott hozzánk.

A próbákon egyrészt a kísérlet ügyes elvégzését, másrészt a magyarázat, illetve a kísérletekhez fűződő szöveg helyes elmondását gyakoroltuk. Összesen hét alkalommal.

Mivel is kápráztassuk el a közönséget?

A kísérleteink listája

Idén tizenkét kísérletet választottunk ki. Mindegyik Arkhimédész törvényéhez, illetve a felhajtóerőhöz köthető. Elsőként Arkhimédész koronás kísérletét mutattuk be. Természetesen a hozzá fűződő történetbe ágyazva bizonyítottuk be, hogy az „aranytömbbel” egyenlő tömegű „koronára” a vízben nagyobb felhajtóerő hat, mint az aranytömbre. Ez azt jelenti, hogy a koronát készítő ötvös nem csak aranyat használt a korona elkészítésekor, vagyis csalt.

A második kísérletben a felhajtóerőt a folyadék sűrűségének növelésével változtattuk meg. A kísérletben tőzást tettünk vízbe, ami – mivel friss volt – elmerült benne. Majd a vízbe sót kevertünk. A tőzás pedig felemelkedett a pohár aljáról.

Ezt követően megmutattuk a közönség bevonásával, hogy milyen anyagú szilárd testek úsznak, lebegnek, illetve merülnek el a vízben. A szilárd anyagok vízbe mártása után különböző sűrűségű folyadékokból színes sűrűségoszlopot készítettünk. A legnagyobb sűrűségű folyadékkal kezdtük, és csökkenő sorrendben óvatosan töltöttük az üveghengerbe a színezett folyadékokat: méz, mosogatószer, víz, olaj, alkohol. Szilárd testeket a hengerbe ejtve a testek és a folyadékok sűrűségét is össze tudtuk hasonlítani.

Az ötödik kísérletünk arra hívta fel a figyelmet, hogy a jég elhelyezkedése a pohárban lévő folyadékban annak minőségéről is árulkodhat: esetünkben a jég elmerült az italban. Tehát nem víz volt – akár alkohol is lehetett. Meg is gyújtottuk, és bizony valóban égett (azért nem szabad mindent így ellenőrizni!). Ez a kísérlet, ahogy a gyerekek kis párbeszéddel bemutatták, nem kis jókedvre derítette a közönséget.

A hatodik kísérletben a közönség soraiból is felhívunk vállalkozó szellemű nézőket, hogy kísérletezzenek velünk. Ők műanyag kémcsőben tudták megcsinálni azt, amit a nagy mérőhengerben is megmutatott az egyik csapattagunk: olajcseppent tettünk vízbe, alkoholba, majd víz és alkohol keverékébe. Így össze tudtuk hasonlítani az úszást, az elmerülést és a lebegést. Ezt követően a „lávalámpa” sem csak nagyban valósult meg. A kiválasztottak készíthettek egy kicsi „lávalámpát”. Szódabikarbónát tettünk az üveghenger, illetve a kémcsőek aljába, olajat töltöttünk rá, és lilakáposzta levéllel színezett ecetet cseppentettünk bele. Az ecetcseppek vörösen lesüllyedtek, majd a szódabikarbónával való érintkezés után keletkező szén-dioxiddal kékesre színezve úsztak fel az olaj tetejére.

¹ A forgatókönyv a jelen cikk kiegészítéseként az interneten tekinthető meg: https://fizikaizemle.elft.hu/uploads/documents/2025/02/HasznosiT_Kiegészites.html

Cartesius-búvart is vittünk magunkkal. Ez a kísérlet otthon is könnyen elkészíthető; el is meséltük, hogyan. A következő kísérletben is különböző sűrűségű folyadékokat használtunk. Az egyik pohárban színezett víz, a másikban olaj volt. A vízzel teli pohárra műanyag lapot szorítva, azt az olajjal teli pohárra fordítottuk. Ezt követően a műanyag lapot óvatosan kihúztuk a két pohár közül, de csak egy rést nyitva. A két folyadék látványosan helyet cserélt egymással. A Bermuda-háromszög rejtélyének egyik lehetséges magyarázatát szemléltettük ezután. Egy nagyon magas üveghengerbe tettünk egy „hajót”, ami a vízben úszott. Majd két hosszú szívószállal levegőt fújtak a gyerekek a vízbe, modellezve a térségben előforduló gázfeltöréseket. A folyadék átlagsűrűségének csökkenése a hajó elsüllyedéséhez vezetett. Persze csak addig, amíg a levegőbuborékok jelen voltak.

Az utolsó két kísérletben a gázokban figyelhettük meg a felhajtóerőt. Elsőként egy felfüggesztett papírkígyó alá tettünk teamécsest. A környező levegőnél kisebb sűrűségű, ezért felfelé áramló meleg levegő szépen megforgatta a kígyót. A zárásul szánt kísérletben egy papírpénzre – hogy legyen tétje – rátettünk egy üres teafilterből készített kéményt, és a tetejét meggyújtottuk. Mire teljesen leégett volna, az összezsugorodott filter felszállt, ezzel megkímélve a pénzt.

A puding próbája az evés *Avagy az előadás tapasztalatai*

Szülők segítségével mi és az eszközeink is épségben megérkeztünk az Ericsson Házba.

Én pakoltam ki a kísérletek sorrendjében az eszközöket, miközben a gyerekek izgalma a tetőfokára hágott. Számatalan kérdésük lett hirtelen a saját feladatukkal kapcsolatban. Volt, aki annyira lámpalázás lett, hogy a többiek segítették ki a szöveggel.

Sok felnőtt nem tud ekkora közönség elé kiállni, és ügyesen kísérleteket bemutatni, miközben még magyaráz is. Ezek a hetedikes, nyolcadikos gyerekek pedig nagyon talpraesetten, az asztal ferdeségéből adódó problémák kezelésétől kezdve a poháron túl is lágra



2. ábra



3. ábra

kapott borszeszsárkánnyal való küzdelmen át a teamécses gyenge lángjának gázgyújtóval való helyettesítéséig mindent megoldottak a színpadon. Nagyon büszke vagyok rájuk (2. és 3. ábra).

A csapatnak természetesen még az ezt követő vasárnap is volt egy fellépése. Hagyományosan a Szent Mihály-napi búcsún, a kerületünkben. Ott inkább már ismerős arcok figyelték a kis tudósokat, hogy idén mivel készültek; ők pedig töretlen vidámsággal szórakoztatták az egybegyűlteket.

Nagyon örülök, hogy az Eötvös Loránd Fizikai Társulat és az Ericsson fontosnak tartja, hogy ilyen korú gyerekek is kiállhassanak az érdeklődő közönség elé, és lelkesedésükkel a hasonló korú nézőikben is felébresszék a kísérletezés, a természet jelenségeinek megfigyelése, a fizika iránti szeretetet.

HANDS-ON KÍSÉRLETEK A KUTATÓK ÉJSZAKÁJÁN

Ujvári Sándor

Lánczos Kornél Gimnázium, Székesfehérvár

E-mail: ujvasa36@gmail.com

Egy olyan alapítványi gimnáziumban kezdtem tanítani 28 évvel ezelőtt, ami a nulláról indult. A célkitűzés szerint a gyerekeknek mindenben részt kellett venniük, és például a kísérleti eszközök elkészítése is ilyen dolog volt. Nem volt még szertárunk, és nem voltak meg a könyvekben, laboratóriumi listákon szereplő eszközeink sem. A diákjaink nem voltak a fizikára hangolva, de jó lett volna valahogy mégis megkedveltetni velük. Érdekes egyébként, hogy a nemzetközi felmérések tanúsága szerint a fizikát máshol sem szerették jobban. A kémia és a nyelvtan társaságában a népszerűségi lista utolsó helyén foglalt helyet.



1. kép

Ennek ellenére a magyar fizikaoktatás nemzetközi szinten jó eredményeket produkált, a TIMMS felmérésekben az országok között előkelő helyezéseket értünk el.

Mivel a japán oktatásban a természettudományi tantárgyak szintén népszerűtlenek voltak, a japán tanárok úgy döntöttek, hogy eljönnek megnézni, mitől olyan eredményesek a magyar diákok. Azt is meg akarták mu-

tatni, hogy ők mit próbálnak tenni ez ellen. Ezek a tanárok a kísérletezésben gondolták megtalálni a probléma megoldását.

Így 1992-ben az a szerencse ért, hogy részt vehettem a Marx György professzor úr által szervezett Jászberényi Japán–Magyar Fizikatanári Konferencián, amelynek fő üzenete, szlogenje az volt, hogy „Játsszunk fizikát!”¹ (1. kép). Mikor a találkozóra indultam, azt hittem, hogy a negyven japán vendég majd olyan csúcstechnikai eszközöket hoz, amelyeket nekem esélyem sem lesz megszerezni; majd nézem és irigykedek.

Ehelyett olyan kísérleteket mutattak be a konferencián, amelyeket mindenki meg tud csinálni. Amikhez az eszközök a háztartásban, környezetünkben, a kidobott hulladékban megtalálhatók. Fiatal tanárként meglepő volt számomra, hogy elég bonyolult jelenségeket is be lehet mutatni ezen az úton.

Beszéljünk a hangról

Azóta a legtöbb bemutatómat a tőlük tanult egyik kísérlettel kezdem, amit a gyerekekkel *Ordibátornak* keresztünk el. Ez példa arra, hogy egy üres konzervdoboz,



2. kép

¹ Lásd *Fizikai Szemle* 1993/6.



Ujvári Sándor a budapesti Kölcsey Ferenc Gimnázium matematika-fizika szakán érettségizett, majd a Kandó Kálmán Villamosipari Műszaki Főiskolán végzett műszaki tanár szakon. A fizika szakot az ELTE-n végezte el. Élete meghatározó tanáregyéniségei: Tóth László a gimnáziumban; Mayer Tibor és Sebestyén Dorottya a Kandón; Abonyi Iván, Sas Elemér és Marx György az ELTE-n. 2006-ban a fizikatanítás szakmódszertanának témájában szerzett doktori fokozatot. A Lánczos Kornél Gimnáziumban tanít, diákjaival rendszeresen részt vesznek a TUDOK konferenciákon. Részt vesz a Lánczos Kornél Fizikaverseny és a Szilárd Leó Fizikaverseny szervezőbizottságában. Tagja volt „A tudomány színre lép” magyar szervezőbizottságának.



3. kép

a nyitott szájára ráfeszített luftballon, egy arra ragasztott tükör, valamint egy olcsó lézermutató segítségével mennyi mindent lehet demonstrálni. A kísérlet azért is érdeklí a diákokat, mert ekkor hangosan kell kiabálni (ordibálni) a konzervdobozba.

A kísérlettel bemutatjuk, hogy a hang egy rezgés által keltett longitudinális nyomáshullám, feltáruznak az oszcilloszkóp működésének alapjai, és az is demonstrálható, hogy kis hatást hogyan lehet felnagyítani, hogyan lehet láthatóvá tenni.

Az eszköz leírása helyett itt a fénykép (2., 3. kép).

Ha az eszközbe a konzervdoboz nyitott oldalán belekiabálunk, a mozgó tükör által visszavert fény mutatja a hang rezgését. Megfelelő sebességgel oldalra mozgatva



4. kép

a lézersugarat egy-egy pillanatra a rezgés időfüggvényét is látni lehet. Az is észrevehető, hogy a lézer-tükör távolság és a tükör-plafon távolság aránya erősíti fel a membrán kis rezgését látható nagyságúra.

Az előző kísérlethez csatlakozva lehet a hangszóró működését is megmagyarázni. Egy szétszedett hangszóróval bemutatom azt, hogy az elektrodinamikus hangszóró egy állandó mágnesből, egy könnyű elektromágnesből és membránból áll. Ezután következik a saját gyártású hangszóró: egy mágnesre húsz menet rézvezetéket rögzítünk szigetelőszalaggal. A kivezetéseket egy erősítő kimenetéhez csatlakoztatjuk. Az erősítőt nem kell megépíteni, kész erősítőmodulokat lehet vásárolni pár ezer forintért (4. kép).

Az erősítő bemenetére a telefonunkról hangfrekvenciás jelet (valami jó zenét) adva már tapasztalhatjuk, hogy a tekercs rezgésbe jön, a gyerekek a tekercs tapintásával meggyőződhetnek, hogy a hangot „lehet érezni”. A tekercset a homlokunkhoz érintve már belülről is halljuk a hangot, a koponyacsont együtt rezeg a tekercssel. A hatást fokozza, amikor rezonátort adunk a kísérlethez úgy, hogy ráteszünk egy teáskannát a tekercsre. Megszólal a zene, és ahhoz képest, hogy milyen egyszerű az egész, felismerhető, érthető szövegű, hallgatható zene szól. Mit lehet még tanítani? A teáskanna helyett a fedelét megszólaltatva beszélhetünk a mélyhangsugárzó és a magashangsugárzó hangszóró különbségéről. A teáskannát kicsit megemelve demonstrálhatjuk, hogy nemcsak a mechanikai rezgések átadása zajlik, hanem a váltakozó mágneses tér örvényáramokat kelt, és a kanna a levegőben is megszólal.

Ki lehet próbálni azt is, hogy a mikrofon és a hangszóró szerkezete analóg egymással, a teáskannába kiabálva fel lehet venni a hangot, tehát a jelenség fordítva is működik.

A levegő nyomása

A légköri nyomás nagyságának bemutatására a dobozroppantás és a lombikszökőkút kísérleteit használom. Egyik sem új, de sokat lehet belőlük tanulni.

Az előbbiben egy kólásdobozban egy kis vizet felforralunk, és utána a dobozt szájával lefelé hideg vízbe fordítjuk. A doboz egy pillanat alatt összeroppan (5. kép).

A nézőknek feltesszük a kérdést, hogy vajon miért történt ez, mire a legtöbb gyerek a hőmérséklet-különbségre tippel. A magyarázat során aztán mindig felmerül, hogy a dobozban vákuum van. Itt el lehet mondani, hogy a kisebb nyomás még nem vákuum. A légnyomás nagysága is kérdés, és senki nem szokta tudni, mit jelent 100 kilopascal. És ha ez ilyen komoly nyomás, akkor miért nem érzékeljük közvetlenül? Azt, hogy ez egy atmoszféra, általában már tudja valaki, de senki nem képes azt érzékelhető mennyiségként elképzelni. A következő hasonlat segít: ez 1 m² felületre egyenletesen elosztott 10 000 kg homok nyomása. Itt lehet az űrhajósok szkaflan-



5. kép

derének a túléléshez szükséges nyomást biztosító szerepéről is beszélni.

A másik kísérlet megerősíti a fenti információt: egy lombikban kevés vizet forralunk, majd azt levéve a gázzal egy üvegcsővel átfúrt dugóval bedugaszoljuk. A csövet színezett hideg vízbe fordítjuk, és rövid várakozás után a lombikba szökőkútként lövell be a víz (6. kép).



6. kép

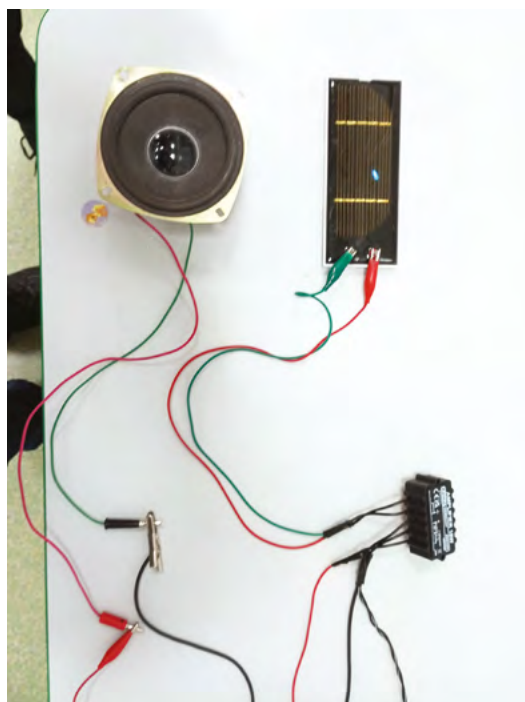
A kérdés a nézőkhöz a két kísérlet analóg voltára vonatkozik, és ami érdekes: a lombikszökőkút kísérlet végén még azt is meg lehet mutatni, hogy végül mennyi légköri nyomású levegő maradt a lombikban. Ez azért jó a másik kísérlet után, mert itt belátunk az edény belsőjébe.

Kísérletek napelemmel

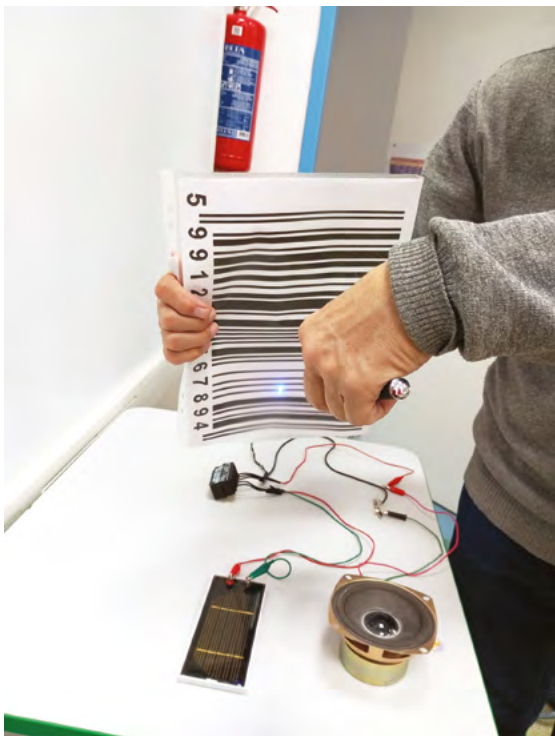
Témát váltva most egy lézerpointer által kibocsátott fényimpulzust hanggá alakítunk. Egy napelem a vevő, amit egy kis erősítőn keresztül egy hangszóróval kapcsolunk össze. Az első jelenség, hogy amikor a lézerrel rávilágítunk a napelemre, akkor feszültség keletkezik és ez a hangszórón létrehoz egy pattanásszerű hangot (7. kép).

A fénysugarat egy fésűvel el is lehet „fűrészelni”, a hang nagyon hasonlít a fűrészelés hangjára. Meg lehet mutatni, hogy egy fehér papírlap tükörként viselkedik, a róla visszavert lézerrel is hangot ad. A kísérlet során egy fekete és egy fehér felületet megvilágítva megmutathatjuk, hogy a visszavert fény erőssége különbözik a reflektáló felület színétől függően, és egy vonalkódról visszavert jellel pedig meghallgathatjuk a „vonalkód hangját” (8. kép).

Különböző színű lézerpointerekkel a fény energiájával kapcsolatos kísérleteket is végezhetünk. Ezt a jelenséget az iskolában a minden teremben elhelyezett tűzoltókészüléket jelző táblán szoktuk bemutatni. Rávilágítunk a fényes, erős zöld lézerrel és nem történik semmi érdekes. A sokkal halványabb lila lézerrel megvilágítva ott marad a nyoma, fluoreszkálni fog, és a visszavert lila



7. kép



8. kép

lézer színe is megváltozik. A magyarázat a diákok számára azért érdekes, mert nem sokat hallanak a modern fizikáról, a fotonok energiájáról és az elnyelés, kibocsátás szabályairól.

Emberkísérletek (a tanár is ember)

A következő kísérletek az „emberkísérletek” közé tartoznak. Ezeknél mindig tanulók, vagy tanuló, akin vagy akivel a kísérletet végrehajtjuk.

Emberi elem: nyolc diákot sorba állítunk, és mindenki kap a jobb kezébe egy rozsdamentes acélból készült kanalat, a bal kezébe pedig egy alumíniumból készültet. (Ez ma nem könnyű, nehéz alumínium evőeszközt találni, ehelyett alufóliába csomagolt fadarabot, kartonlapot lehet használni.) A gyerekek előtte megnedvesítették a kezüket sós vízben, és láncot alkotva összeérintik a kapott evőeszközöket, így sorba kapcsolt elemek jönnek létre. A két szélső diák kanálait egy LED-re kapcsolva a LED világít. A kapott feszültség általában 2 és 3 V között van. Itt el lehet röviden magyarázni, hogy az elemek a különböző anyagok közötti elektronenergiák különbségét használják ki.

Meggyújtott ujj: egy kis pohárban víz és egy másikban denaturált szesz van az asztalon, illetve egy meggyújtott gyertya. Az ujjamat a vízbe, majd az alkoholba mártva a gyertyával meggyújtom az ujjam, elfújom a gyertyát, és az ujjammal ismét meggyújtom. Ezután gyorsan el kell fújni az ujjamat, mert addigra azért már érezni a meleget. Ezt inkább magamon csinálom, mert gyorsan kell cselekedni, és egy kicsit be is kell gyakorolni.



9. kép

A magyarázat az ujjat burkoló vízfilm védőhatásában van.

Lángoló kéz: ismert, sokszor használt kísérlet, most nagyon népszerű. Mosószeres vízbe öngyújtógazt vezetve habot kapunk, amiben a buborékokat a gáz tölti ki. Vizes kézbe véve ezt a habot, nagy lánggal ég, amit gyorsan le lehet a kézről csapni. Nagyon látványos, és sok bemutató része. Ebből sok újat nem tanulunk, de mindig feldobja a programot.

Az utolsó kísérlet a fakírmutatványok közé tartozik. Egy törölközőre összetört sörösuvegeket öntünk (kb. 20 sörösuveg, a talpa és a nyaka kiszedve, és a nagyon kicsi szilánkok is kiszűrve).

A kísérletvezető mezítláb rááll, és mozoghat is rajta. Amire vigyázni kell, hogy az üvegről lelépve ne maradjon szilánk a talpra tapadva, mert az már tud sebezni. A gyerekek közül mindig van önkéntes fakír. A magyarázat szerint a sok hegy és él között a talp erős bőrén eloszlik a nyomás, ezért azok nem vágják meg a kísérletező lábát (9. kép).

Ez a bemutató nem egy téma köré épült, inkább az volt a szervezőelv, hogy látványos legyen, és ne kelljen hozzá bonyolult műszereket, olyan eszközöket használni, amik csak nagyon nehezen hozzáférhetőek. A kísérletek között vannak olyanok, amelyekre azt mondjuk, ne próbáld ki otthon. A tanév elején abban bízom, hogy egy ilyen program után az marad meg a diákokban, hogy a fizika nem csak unalmas feladatmegoldás, és a bonyolultabb jelenségeknek is lehet érthető alapjuk.

HANGOSKODJUNK EGY KICSIT!

Szabó László Attila

Csongrádi Batsányi János Gimnázium és Kollégium, Csongrád

E-mail: szabol@bjg.hu

Sok-sok olyan kísérlet van, melyek érdekesek, esetleg meglepőek, így fel lehet velük kelteni a gyerekekben az érdeklődést. Sokszor ehhez nem kellene drága eszközök, műszerek; leginkább csak ötlet és elhatározás. Próbáltam olyan kísérleteket összeválogatni a hangtan témaköréből, melyek könnyen kivitelezhetők, és akár otthoni projektmunkaként is elvégezhetők. Ezek a kísérletek alkották a gerincét a Kutatók Éjszakáján az Ericsson Házban tartott előadásomnak.

Sokan ismerik a szívószáldudát, vagy akár a spatulából készült szájharmónikát is. Bármelyiket próbáljuk is megszólaltatni, érezzük, hogy a hangkeltő eszközünk rezeg, miközben hangot bocsát ki. Valójában minden hangforrás rezgések kibocsátására képes. Fontos leszögezni azt is, hogy nem hallunk minden rezgést. Az emberi fül – természetesen ez egyéntől függő – kb. a 20–20000 Hz frekvenciájú (rezgésszámú) hangokat hallja. Mi és miért rezeg? A szívószál esetén az annak végén kialakított kicsiny kis nyelv, a spatulaharmónika esetén a két spatula között elhelyezkedő papírcsík. De miért jönnek rezgésbe ezek, ha levegőt fújunk át ezeken? A választ a Bernoulli-törvény adja. Egyszerűen arról van szó, hogy ahol áramlik egy közeg, ott lecsökken a nyomás. A spatulák között a papírszalag két oldalán nem lesz egyenlő az áramlási sebesség és így a nyomás sem, ennek hatására pedig a szalag az egyik irányba kitér, és ott hozzásimul a spatulához. De ekkor ott megszűnik a légáram, a nyomás újra a légköri nyomás lesz, azonban felette ekkor is áramlik a levegő. Most ott lesz alacsonyabb a nyomás, és így a papír a másik spatulához fog hozzásimulni. Persze ez egy nagyon gyors folyamat, ez a gyors periodikus ide-oda mozgás lesz a hangkeltés oka. A szívószáldudánál is hasonló történik, a kis nyelvcskék összezárnak, majd kinyitnak.

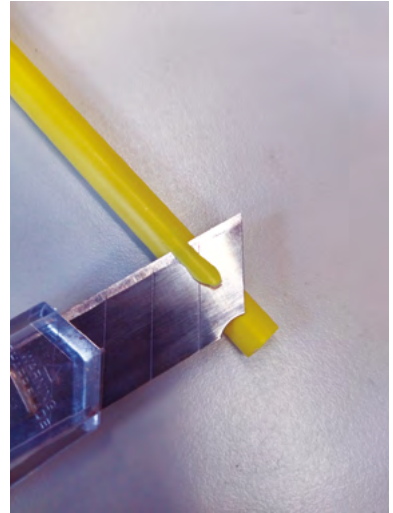
Úgy is készíthetünk szívószálból dudát, ha a szívószál oldalán a végétől kb. 1 cm-re egy keskeny nyelvet készítünk sniccerrel (1. ábra). Ezt úgy lehet megszólaltatni, hogy a nyelvünkkel befogjuk a szívószál végét, miközben levegőt fújunk át a szívószálon. Működési elve az előzőekkel megegyező.



Szabó László Attila fizika-matematika szakos középiskolai tanár, diplomáját a József Attila Tudományegyetemen (SZTE) szerezte. Az egyetem elvégzése óta a Csongrádi Batsányi János Gimnáziumban tanít. Azt vallja, hogy kísérleteken keresztül sokkal könnyebben megérthető a fizika, ezért sokat kísérletezik diákjaival. Nagyban segíti munkáját az iskolában működő TeTudo diáklaboratórium. Itt a diákok mérési gyakorlatokon mélyíthetik el a tudásukat; az önálló manuális és szellemi tevékenység áll a központban.

Műanyag szívószálat már nem egyszerű beszerezni, több mint három éve betiltották a forgalmazását. Tudjuk ezt helyettesíteni, egyszerűen készíthetünk nádból is sípot. Sőt, kétféle: ajaksíp (2. ábra) és nyelvcsíp is készíthető a nád üreges szárából. A sípkészítés első lépése, hogy a nádszál két bütyke közötti részét kivágjuk, majd egy hurkapálcával kitisztítjuk a belsejét.

Az ajaksípoknál (3. ábra) a befújt levegő a nyílással szemben lévő éknek (ajak) ütközik, ahol örvények keletkeznek. Ezek a periodikusan leváló



1. ábra. Szívószálduda készítése



2. ábra. Ajaksíp nádszálból



3. ábra. Ajaksíp metszeti ábrája

örvények hoznak létre nyomásingadozásokat, illetve hangokat az ajaksípok esetén. A nád két bütyke közötti csöves szárból egy éles sniccerrel vágunk ki egy ék alakú részt a 2. ábrának megfelelően. Ezután egy megfelelő átmérőjű fatipliből készíthetjük el fúvóka részt.

A nyelvcsípok alkotják a sípok másik családját. Itt egy rugalmas anyagból készült lapka, az ún. nyelv fog rezgésbe jönni. A nád szára igen rugalmas, így abból készíthető rugalmas nyelv. Egy éles késsel hosszanti irányba hasítuk be a nádat (4. ábra). Ez így még igen merev, ezért kívülről vékonyítsuk el. Ezután a síp végét tömítsük be méhviasszal.

Mindkét sípra készíthetünk lyukakat is, így különböző hangokon tudjuk megszólaltatni a hangszereinket.



4. ábra. Nyelvsíp készítése

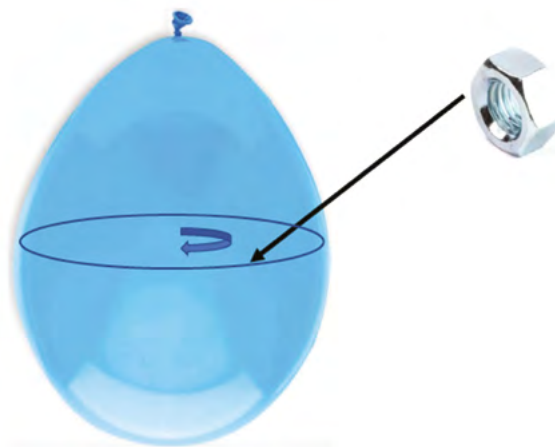
Sokféle sípot készítenek, melyekkel állathangokat lehet utánózni. Vannak köztük agyagból készültek, melyeket vízzel kell feltölteni a megszólaltatás előtt. Van, amelyiket a szájpadról nyomva kell megszólaltatni. De van hangolható is, mellyel az őzek – a gida és a suta – hangja utánózható. Találhatunk egerek cicncogását utánzó ajaksípot is, mely meggyfából készül, de talán a legmeglepőbb a disznó rőfögését utánzó síp (5. ábra).



5. ábra. Vaddisznóhívó síp

Ugyancsak a Bernoulli-törvénnyel magyarázható az a nagyon kellemetlen sípoló hang, ami akkor jön létre, ha a lufi száját szétfeszítve engedjük ki a levegőt. Mi történik, ha a felfújott lufit elengedjük, mielőtt bekötnénk a száját? Trottyogó hangot kiadva elrepül, szemléltetve a rakétamozgás elvét is. De mi történik akkor, ha úgy engedjük el, hogy előtte levágjuk a lufi száján található peremet? Ebben az esetben a szívószálduda nyelvsípjához hasonlóan gyors

rezgésbe jön a lufi szája – az első esetben a lufi vastag pereme ezt megakadályozta –, ezért hallunk az előbbinél jóval magasabb hangot a lufi repülése közben. A lufi esetén van még egy hangkeltési mód, mely már egy kis projektéma is lehet a diákjainknak. Tegyük a lufiba egy anyacsavart a felfújás előtt (6. ábra). Fújjuk fel a lufit, kössük be a száját, és körkörös mozdulattal kezdjük el mozgatni. Ekkor az anyacsavar – mint a motorosok a halálgömbben – a lufi belsejében körbe-körbe fog mozogni, miközben hangot is hallunk [3]. Hogyan jön létre ez a hang? Amikor az anyacsavar átfordul egyik oldaláról a másikra, akkor az megüti a lufi oldalát, de már



6. ábra. Sűvítő lufi

fordul is tovább, és ismét megüti azt. Ez a gyors ütügetés fogja a hangot létrehozni. Ezek szerint a csavar forgási frekvenciájának hatszorosa – mert a csavarnak hat oldala van – fog megegyezni a hallott hang frekvenciájával. Minél gyorsabban mozog az anyacsavar a lufiban, annál magasabb hangot fogunk hallani. De a csavarok méretét is lehet változtatni! Hogyan lehetne az előbbi modellt kísérletileg igazolni? Két egyszerű program segítségével vizsgálhatjuk ezt a jelenséget. A hang frekvenciája a telefonunkra letölthető PhyPhox program segítségével mérhető, másrészt a csavar frekvenciája a Trecker program segítségével meghatározható. Az elemzésből meg tudjuk mondani, hogy közel egy kerületnyi s utat mekkora t idő alatt tesz meg a csavar. A t időt a programból kiolvashatjuk. A körbefutott út és a csavar K kerületének hányadosából kiszámíthatjuk hányszor fordult meg a csavar a tengelye körül:

$$N = \frac{s}{K} = \frac{s}{3d_{\text{csavar}}}.$$

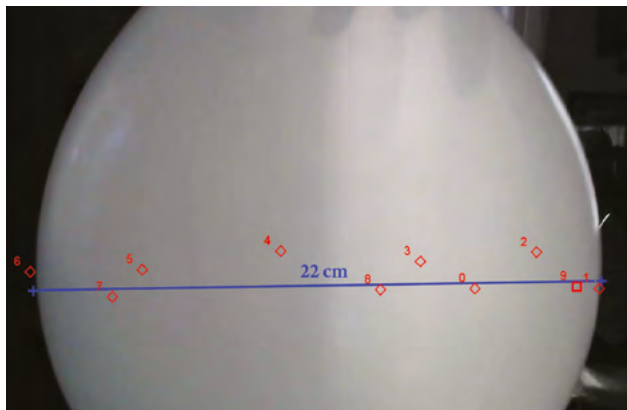
Az anyacsavar szabályos hatszög alakú, így a kerülete az átmérőjének (d_{csavar}) háromszorosa lesz. A csavar forgási periódusideje – feltételezzük, hogy a csavar mozgása során nem csúszik meg:

$$T_{\text{csavar}} = \frac{t}{N}.$$

A csavar egy periódus alatt hatszor üti meg a membránt, tehát a lufi frekvenciája:

$$f_{\text{lufi}} = 6f_{\text{csavar}} = \frac{6N}{t} = \frac{6s}{3d_{\text{csavar}}t} = \frac{2s}{d_{\text{csavar}}t}.$$

A mérés elvégzése előtt érdemes a csavar lapjait fekete alkoholos filccel befesteni a jobb láthatóság érdekében. A mérés pontosságát nagyban befolyásolja a pontos út mérése, ezért a lufira érdemes szélességi körökhöz hasonló jelöléseket tenni. Szóltassuk meg a lufit, vegyük fel a kísérletünket egy kamerával! Ezután ezt a Tracker program segítségével elemezhetjük. A mérés kiértékelése a mérőléc felvételével kezdődik. A lufi ke-



7. ábra. Tracker szoftveres mérés

1. táblázat. A lufi frekvenciájának mérése				
d_{csavar} (m)	s (m)	t (s)	f_{lufi} (Hz)	A PhyPhox programmal mért frekvencia (Hz)
0,0145	0,71	0,3	326,44	328
0,0145	0,69	0,4	237,93	241
0,0213	0,63	0,2	295,77	292
0,0213	0,56	0,3	175,27	178

rületének méréséből meghatározható annak átmérője, azaz a mérőléc hossza (7. ábra). A filmet kockánként léptetve megjelöljük a csavar helyét. A program egyből kiírja a csavar koordinátáit. Addig léptetjük a felvételünket, amíg körbe nem ér a csavar a lufi belsejében. A csavar első és utolsó helyzete nem fog egybeesni, de a két pont távolsága a koordináták különbségéből meghatározható, így az s távolság is meghatározható. Néhány mérési eredményt az 1. táblázat tartalmaz. A méréshez egy 30 fps képkockasűrűségű kamerát használtunk, így a kb. 350 Hz feletti kísérleteknél már a csavar helyének megjelölése nagyon bizonytalan volt. Kisebb frekvenciák esetén a mérési eredmények alátámasztják az elképzelésünket – annak ellenére, hogy a mérésünknek vannak hibái. Az s távolság meghatározásakor nem vetjük figyelembe, hogy a csavar egy köríven mozog, illetve a csavar helyének megjelölése is tartalmaz hibát.

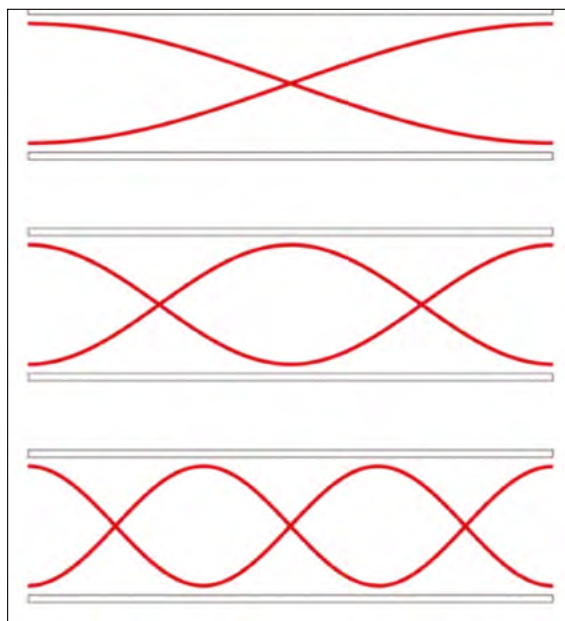
A kukaclufi segítségével is megfigyelhetünk egy érdekes hangtani jelenséget. Fújjunk bele a kukaclufiba egy kevés levegőt, ekkor egy helyen dudor keletkezik. Ezután kössük be a végét és feszítsük ki a lufit a két végénél fogva, majd pendítsük meg. Hangot hallunk, mégpedig onnan ahol a lufin a dudor elhelyezkedik. Ha megfordítjuk a kezünkben a lufit, akkor a hang másik irányból, de ismételten a dudor felől érkezik a fülünkbe. A dudor felerősíti a hangot, rezonátorként működik. Ezt a jelenséget a hangvillánál is megfigyelhetjük. A rezgésbe hozott hangvilla hangját közelről viszonylag sokáig halljuk. Ha a megütött hangvillát egy fából készített megfelelő méretű dobozhoz vagy az asztallaphoz érintjük, akkor sokkal hangosabb lesz, de gyorsan el is halkul. Ekkor a hangvilla nagyobb térrészt hoz rezgésbe, ezért hango-

sabb lesz. Ilyenkor a hangvilla az energiáját hamarabb kisugározza, ezért a gyorsabb halkulás. Egyes hangszeresek esetén is – pl. gitár, hegedű – azért használnak üregeket, hogy felerősítsék a húrok hangját.

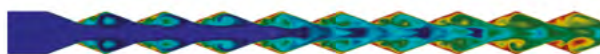
Gégecsővel többféleképpen tudunk hangot kelteni. Az egyik eset, amikor egyszerűen megfogjuk az egyik végét és a fejünk felett megforgatjuk [2, 4]. Érdekes jelenség; minél gyorsabban pörgetjük annál magasabb hangot hallunk, de a hangok közt ugrásokat tapasztalhatunk. Hogyan jön létre itt a hang? Miért nem folytonosan változik a magassága a forgatás gyorsításakor? (Ezt a problémát a múlt évi „Játsszunk fizikát!” verseny III. fordulójában tűzték ki a szervezők.) Ha befogjuk a gégecső kezünkben lévő végét pörgetés közben, akkor a hang megszűnik.

Tehát a hang a cső belsejében keletkezik. Ha hungarocell golyócskákat teszünk az asztalra, és a gégecső kezünkben lévő végét ezek fölé helyezzük, majd elkezdjük forgatni a csövet, akkor a cső felszippantja és szétszórja azokat. Tehát a cső két vége között forgatás közben áramlik a levegő. A levegő áramlását nyomáskülönbség okozza. Ennek oka a korábban már említett Bernoulli-törvény, hiszen a forgó vég a levegőhöz képest mozog, tehát ott nyomáscsökkenés lép fel.

Ha egy sima belső falú slagot kezdünk el forgatni, akkor ott is áramlani fog a levegő – ugyanúgy szétszórja a könnyű kis golyócskákat –, de ott nem jön létre hang. Tehát a bordázott belső felületnek köszönhetjük, hogy



8. ábra. Nyitott síp modulusai



9. ábra. Légörvények bordázott csőben (Forrás: <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=SeoI93cewqE>)

létrejön a hang. Valójában itt a belső bordákon örvények keletkeznek, és ezek hozzák rezgésbe a csőben lévő levegőt. De miért hallunk csak adott magasságú hangokat egy cső esetén? A gégecső egy mindkét végén nyitott sípnek tekinthető, így benne nem alakulhat ki tetszőleges hullámhosszú hang. A mindkét végén nyitott síp esetén a 8. ábrán látható módusok jöhetnek létre. Minél gyorsabban forgatjuk a gégecsövet, annál gyorsabban áramlik benne a levegő, és egyre gyorsabban, nagyobb frekvenciával válnak le az örvények (9. ábra). A sokféle frekvencia közül a rezonanciafeltételnek megfelelő fog felerősödni.

A PhyPhox applikáció segítségével további érdekes megfigyeléseket tehetünk. Különböző hosszúságú és belső átmérőjű csöveket vizsgáltunk; megmértük a felharmonikus frekvenciákat. A kísérlet végrehajtásához egy légfúvót használtunk. Ennek csövét lerögzítettük az asztalhoz, és egy léccel erősített gégecsövet ebbe a légáramba helyeztünk (10. ábra). Ha növeljük a távolságot a



10. ábra. Mérés gégecsővel

két cső között, akkor a mért frekvenciákból látszik, hogy a légáram sebessége csökken.

Az első esetben 32/24-es (külső átmérő/belső átmérő mm-ben mérve) 1,3 méter hosszú csövet vizsgáltunk meg. A következő eredmények születtek (2. táblázat).

A következő mérést egy 40/32-es 1,3 méter hosszú gégecsővel végeztünk. Ebben az esetben ugyanazokat

2. táblázat. Mérés gégecsővel I.							
f (Hz)	937,5	820	703	586	468	351	234
Δf (Hz)	117,5	117	117	118	117	117	

3. táblázat. Mérés gégecsővel II.							
f (Hz)	1359	1195	1008	844	680	512	344
Δf (Hz)	164	187	164	164	168	168	

4. táblázat. Mérés gégecsővel III.							
f (Hz)	445	398	351	304	257	210	
Δf (Hz)	47	47	47	47	47	47	



11. ábra. Gégecső az autóban

a frekvenciákat mértük, mint a keskenyebb cső esetén. A következő mérés előtt levágtunk a csőből 40 cm-t. Ekkor a következő eredményeket kaptuk (3. táblázat).

Próbálkoztunk egy 3 m hosszú 4 hüvelyk (10,4 cm) belső átmérőjű csővel is, de ezt nem tudtuk megszólaltatni. A megoldás az lett, hogy azt a csövet egy autó hátsó ülésére helyeztük úgy, hogy egyik végét az ablakon ki-dugtuk (11. és 12. ábra).

Az autóval egyre gyorsabban haladva, megszólalt a cső, és a frekvenciákat meg tudtuk mérni (13. ábra). A következő eredményeket kaptuk (4. táblázat).

A mérési eredményekből látszik, hogy a felharmonikusok között ugyanakkora a frekvenciakülönbség, ami nyílt sípok esetén éppen az alaphang frekvenciájával egyezik meg. Adódik a lehetőség, hogy az alaphangból és a cső hosszából számoljunk hangsebességet. Tudjuk azt, hogy a valóságban az alaphang esetén a cső hossza nem egyezik meg a hullámhossz felével, mert a rezonátor mindkét végén sugároz, tehát itt egy korrekciót kellene végezni. A szakirodalomban [5] utánanézve láthatjuk, hogy ilyen bordázott csövek esetén a korrekció elvégzése után a hang terjedési sebessége mindig kisebb a szabadban érvényes 344 m/s-os értéknél.

Sima belső falú csövekkel is lehet zenélni. Megfelelő hosszúságúra vágva ezeket [1] a dūr hangskála hangjait tudjuk megszólaltatni, ha egyszerűen tenyerünkkel



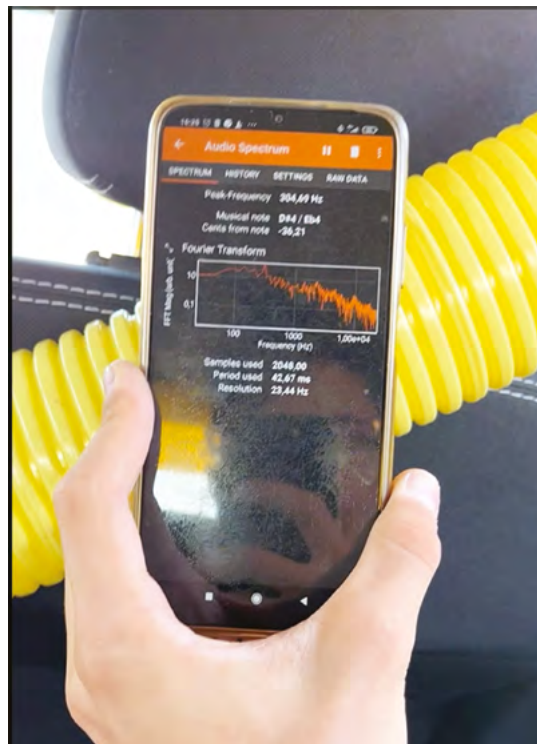
12. ábra. Az ablakon kilógó cső

ráütünk a végükre. 1 hüvelyk átmérőjű szennyvíz-lefolyócsöveket használva készítettünk egy hangcsősorozatot. Ezeket egy deszkalapba erősítve (14. ábra) egyetlen diák is tud rajtuk játszani. A hangszer megszólaltatása például egy rugalmas strandpapuccsal történik.

Nagyon érdekes, sci-fi filmekbe illő hangzást érhetünk el, ha egy hungarocell termopohár alá egy hosszú rugót, esetleg egy fémből készült slinkyt („lépegetőrugót”) erősítünk. A termopohár rezonátorként felerősíti a rugó által keltett hangokat.



14. ábra. Hangszer lefolyócsövekből



13. ábra. Mérés a PhyPhox applikációval

Nemcsak termopohárral lehet érdekes hangzást elérni, hanem talpas üvegpoharakkal is. Talán mindenki számára ismert az a jelenség, amikor a pohár peremén végighúzzuk az ujjunkat, és ez hangot kelt. Ekkor az ujjunk meg-megakad a pohár peremén, és ez fogja rezgésbe hozni azt, illetve ha van benne víz, akkor azt is. Különböző poharak különböző magasságú hangot adnak ki. A poharakat lehet hangolni, csak megfelelő mennyiségű vizet kell beléjük tölteni, és így lehet a sajátfrekvenciájukat változtatni. A korábban említett mobiltelefonos alkalmazást felhasználva hangsort tudunk készíteni.

A hangtan témaköréből is tudunk kísérleteket végezni kisiskolásokkal, projektfeladatokat adni középiskolásoknak, ugyanakkor komoly mérnöki problémákat is rejt e témakör (például hogyan lehet a hűtő-fűtő rendszerek bordázott csöveinek a rezgését minimalizálni?). Bármilyen mélységben szeretnénk is vizsgálni, a kísérletek minden esetben elengedhetetlenek. Nemcsak a megismerést és a megértést segítik ezek, hanem a tananyagba jól beillesztve erősítik a természettudományos gondolkodásmód kialakítását.

Irodalom

1. Nagy Anett, Papp Katalin: Hangszerek a „semiből”. *Fizikai Szemle*, 2009/2, 64.
2. <http://www.exo.net/~pauld/activities/AAAS/aaas2001.html>
3. https://emergent-scientist.edp-open.org/articles/emsci/full_html/2019/01/emsci180011/emsci180011.html
4. Juhász András (szerk.): *Fizikai kísérletek gyűjteménye 1.*, Arkhimédész Bt. – Typotex Kiadó, Budapest, 1994.
5. https://hal.science/hal-03533086v1/file/JASA_2021_Galeronet_Al.pdf

„KÍSÉRLETEK TÚZÖN-VÍZEN ÁT”

Udvardi Imre

Könyves Kálmán Gimnázium, Budapest
E-mail: imre.udvardi@gmail.com

Elképzelhetetlennek tartom a fizika oktatását kísérletezés nélkül. Ennek bizonyítására módomban volt, hiszen a 40 éves tanári pályafutásom alatt zömmel fizikát tanítottam – szerencsémre olyan iskolákban, ahol jól felszerelt fizikaszertár állt rendelkezésemre.

Egy fizikai probléma felvetése, egy jelenség bemutatása, a természeti törvények működésének láttatása, megértetése nem lehet meg kísérletek nélkül. Az általános és középiskolai korosztály számára a „krétafizika” igen ritkán teszi vonzóvá a tantárgyat. A sors különös ajándékának tartom, hogy az utóbbi húsz évben a ma 119 éves Újpesti Könyves Kálmán Gimnáziumban (egykori nevén Könyves Kálmán Főreál Gimnázium) taníthattam. Munkatársaimmal igyekeztünk az iskola hajdanvolt nagy tanárelődei (Babits Mihály, Kulin György, Hack Frigyes, Flórik György, ...) szellemi örökségét felvállalni, ahhoz méltó módon tanítani. Az iskola jól működő kapcsolatrendszere is segítette törekvéseinket. A Kutatók Éjszakáján bemutatott kísérleteimet is egy ilyen külső kapcsolatra alapoztam – ennek köszönhetően igényeink szerint juthattunk hozzá olyan anyagokhoz, mint a hélium, a folyékony nitrogén, a szárazjég és a kén-hexafluorid (SF_6). Egy ilyen esemény nyilván nem egy fizikaóra, nem nélkülözheti látványelemeket, nincs is idő a fizikai háttér mélyebb bemutatására, de az általuk nyújtott élmény mindenképpen hozzájárul a természettudományok iránti érdeklődés felkeltéséhez.

Bepillantás a hideg birodalmába

Első kísérleteim a hideg világába kalauzolták el a résztvevőket. Folyékony nitrogént (-196°C) használva mutattam meg az anyag különleges viselkedését alacsony hőmérsékleten. Szerepeltek az ebben a körben jól ismert kísérletek is, de igyekeztem kevésbé ismerteket is bemutatni. A videómegosztókon is sokan látják már ezeket a kísérleteket, de élőben látni a folyékony nitrogén heves forrását, a bőrünkön érezni a kezünkről lepattanó gázbuborékok kiváltotta hatást egészen más élményt nyújt.

Véleményem szerint az ebben a körben bemutatott kísérletek közül az egyik legfontosabb, legmeggyőzőbb az,

amikor a felfújt luftballonra folyékony nitrogént öntünk. Az ideális gáz kinetikus modelljének nyomásértelmezését ennél szemléletesebben nem lehet bemutatni. A nézők azt is gondolhatják, hogy a léggömb azért esett össze, mert valahogy kiszökött belőle a levegő, de amikor az összeesett lufit kivesszük az edényből, és kezünkkel, mellkasunkon melegítjük, az eredeti alakját gyorsan visszanyeri. Ilyenkor jól hallható a jelenlévők csodálkozása, álmélkodása (1. ábra).



1. ábra

Persze beiktattam az ide vonatkozó „kötelező” kísérleteket is: virág, a radírgumi lefagyasztása, a felkeményedett anyag törésprofiljának megmutatása, a keményre főtt tojás bejuttatása a szűknyakú lombikba, egyes élelmiszerek jellegének megváltozása a hideg hatására (nyers tojás, kóla). Szerepelt az itt „szokásos” szökőkút, rakéta, a lufi felrobbantása, a folyékony nitrogén kézfejre öntése.

Bemutattam egy szerintem ritkán látott kísérletet is: folyékony oxigént állítottam elő folyékony nitrogén segítségével. Ehhez a legalkalmasabb eszköz egy alumínium teáskanna. A legkönnyebben elérhető ezek közül is a régebbi időkből itt maradt teáskanna, amikből még elég sok fellelhető. Mivel ebből egyre kevesebb van már, ha találkozunk ilyen kidobásra ítélt darabbal, mentsük meg a fizikaszertárba, hátha hozzájutunk valamikor folyékony nitrogénhez.

Hungarocell tartóba öntjük a nitrogént, beleállítjuk a teáskannát, és abba is töltünk, legalább a harmadáig. 4–5 perc várakozás után kiemeljük. A kannáról vízszzerű folyadék csepeg le. Célszerű megvilágítani a kannát, például mobiltelefonnal, mert az azt körülvevő gőzben a lefolyó oxigén nehezen látszik. És hogy a szkeptikusokat meggyőzzük, hogy nem vízről van szó, hanem égést tápláló anyagról, a lecsepegő anyag útjába gyújtópálcát teszünk. Ekkor csillagszórószerű szikrákat, fellobbanásokat lá-



Udvardi Imre az Újpesti Könyves Kálmán Gimnázium fizikatanára. Az ELTE TTK matematika-fizika szakán diplomázott 1984-ben. Szakvizsgáját az ELTE Pedagógiai és Pszichológiai Karán szerezte a tehetséggondozás témaköréből. Tanári munkája mellett az iskola Kulin Györgyről elnevezett bemutató csillagvizsgálóját vezeti, rendszeresen tart bemutatókat, előadásokat. A Nemzetközi Csillagászati Unió (IAU) középiskolákat segítő szervezetének (NAEC) egyik hazai koordinátora. A MOL Tehetséggondozásért Díj, a Bonis Bona – A Nemzet Tehetségeiért Díj, az Ericsson-díj tulajdonosa. Munkájáért többször részesült miniszteri és miniszterelnöki elismerésben.

tunk. Az igazság az, hogy gyújtópálcával a kísérlet nagyon nehezen működik. A legszebb látványt az égő cigaretta parazsa nyújtja, de ezt elvi okokból diákjaink előtt nyilván nem mutatjuk. Számomra nagyon alkalmasnak bizonyult ugyanerre egy szorosra feltekert meggyújtott papírlap. Mivel nekünk a látványhoz parázs kell, ha a papírtekercs lángra kap, el kell fújni a lángot. A kevés parázs is szépen szórja a szikrákat.

Maradva a hideg világában, a szárazjéggel történő kísérletek következtek. Ezeket a kísérleteket már nagyobb eséllyel láthatja egy diák, főleg kémiaórán. Az ismert ide vonatkozó kísérleteket én is bemutattam: egy pohár tiszta vízbe, majd mosószeres vízbe dobva a szárazjéggel, a jól ismert látványban volt részünk. De itt is igyekeztem egy kevésbé ismert bemutatóval előállni. Ehhez először tudatosítani kell, hogy a szárazjég azért „száraz”, mert a normál légköri nyomáson nem cseppfolyósodik; a szilárd szén-dioxid ilyenkor szublimál. Ezt pár pelletet kalapáccsal összetörve meg is mutathatjuk. Ezután a szárazjeget jól záródó, átlátszó, nagy nyomást elviselő műanyag kapszulába zárjuk. A legalkalmasabb erre a petpalackok gyártásához előállított előkapszula – ilyenekre egy osztálykirándulás alkalmával tettem szert, amikor egy ásványvízgyártó üzemet is meglátogattunk. A bezárt szárazjég gyorsan szublimál, 3–4 perc elteltével jól láthatóan cseppfolyósodni kezd a megnövekedett nyomás következtében. Ilyenkor megfigyelhetjük a három halmozállapot jelenlétét. Ezután a kupakot lecsavarva, a normál légnyomást visszaállítva, hangos szisszenés kíséretében egész maroknyi szép szén-dioxid-havat kapunk.

Melegebb tájakon

Áttérve a tüzes kísérletekre, fontos felhívni a diákjaink figyelmét, hogy ezeket csak felnőtt végezheti (mint ahogy a fentieket is)!

Első kísérletem a víz nagy fajhőjének igen látványos demonstrálása volt. Egy edénybe mosószeres vizet öntünk, majd ebbe egy trafikokban kapható, öngyújtók utántöltését szolgáló palackból butángázt nyomunk. Megvizezett kezünkbe veszünk egy maréknyit a gázhabból, ami meg-

gyújtva látványosan, nagy lánggal ég el a kezünkön. Ez a kísérlet nagy óvatosságot, odafigyelést igényel (2. ábra).

A másik kísérlet ebből a témakörből a nikkellal Curie-pontjának bemutatása. A Magyar Nemzeti Bank által 1971 és 1982 között forgalomba hozott tízforintos érmék nikkeltől készültek. Ilyenek ma még könnyen beszerezhetők elérhető áron. Egy ilyen érmét bifilárisan felfüggesztettem úgy, hogy azt egy rúd-mágnes magához tudja vonzani. A nikkellal ekkor ferromágneses. Gázmelegítő fáklyával izzítva az érmét, az pár perc alatt eléri a 358 °C-ot, az ún. Curie-pontját, ahol megszűnik ferromágnes anyagnak lenni, ezért visszaesik eredeti helyzetébe. Ilyenkor elég egy rövid idejű hűtés, (pl. ráspriccelni kevés hidegvizet), és a ferromágneses állapot gyorsan visszaáll, így a rúd-mágnes ismét magához rántja az érmét. Ha van időnk, ezt a konfigurációt látványos giling-galang játékká is formálhatjuk.

A bemutató végén két gázzal kísérleteztem: héliummal és kén-hexafluoriddal (SF_6). Ez utóbbi az egyik legerősebb üvegházhatású gáz, így módunk van felhívni tanulóink figyelmét a környezettudatosságra is. A klasszikus kísérlet mindkét gáz esetében azok belélegzése, minek következtében az emberi hang a hélium esetében magasabb, a SF_6 esetén mélyebb lesz. Az ember vokális traktusa ugyanis nem más, mint egy akusztikus rezonátor, sajátfrekvenciája egyenesen arányos az üreget kitöltő gázban uralkodó hangsebességgel. Hélium esetén a hang terjedési sebessége háromszorosa a levegőbelinek, SF_6 esetén 0,44-szerese. Mivel hélium bőven állt rendelkezésünkre, annak hatását mindenki kipróbálhatta. Alkalmi kórust verbuválva a közönség soraiból, a luftballonból belélegzett hélium hanghatása igencsak szórakoztató volt. A SF_6 belélegzését szigorúan csak magamnak engedélyeztem, hiszen ez veszélyessé is válhat. Kiszorítja ugyanis a tüdőből az oxigént és a légzési reflexet kiváltó szén-dioxidot. A mutatóvány végén ügyelni kell arra, hogy kiürüljön a tüdőből! Jómagam ezt egy speciális légzőgyakorlattal segítem elő.

A környezettudatosság miatt a „semmin úszó kishajó” kísérletet az utóbbi időben már nem szoktam bemutatni, ez ugyanis meglehetősen sok gázt igényel. Inkább egy korábbi kísérletem videófelvételét vetítem le. (Egy akváriumot megtöltünk kén-hexafluoriddal, és egy alufóliából hajtogatott kishajót helyezünk a gázra. A kishajó a felszínen marad. Laikusok számára meghökkenítő a látvány, hogy a láthatatlan gázon úszik a kishajó. A kísérlet szépen mutatja, hogy az Arkhimédész törvénye a gázokra is igaz.)

Ehelyett három lufit készítek, egyet levegővel, egyet héliummal, egyet pedig kén-hexafluoriddal töltök meg. Az egyforma nagyságú gömböket azonos magasságban egyszerre elejtem. Mivel a SF_6 moláris tömege mintegy ötszöröse a levegő moláris tömegének, az gyorsan leesik. A héliumos léggömb gyorsan felszáll, míg a levegővel teli komótosan esik a padlóra.

Azt hiszem, a látványokban bővelkedő kísérletsorozat hozzájárult a közönség természettudományok iránti érdeklődésének felkeltéséhez. Köszönöm a szervezőknek, hogy ezt lehetővé tették számomra!



2. ábra

SZÍNES KÍSÉRLETEK A KUTATÓK ÉJSZAKÁJÁN

Schramek Anikó®,

Bertók-Bálint Ticián, Erdélyi Dominik, Stelcz Anna Réka, Vig Viktor Benjámin (diákok)

Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium, Budapest

@E-mail: schramek@fazekas.hu

A 2024. évi Kutatók Éjszakája rendezvénysorozat részeként négy vállalkozó szellemű diákkal csatlakoztunk az Ericsson által szervezett kísérleti bemutatókhoz. Olyan kísérleteket igyekeztünk választani, amelyek könnyen kivitelezhetők, mégis jól érthetővé tesznek valamilyen természettudományos törvényt, jelenséget.

Optikai kísérletek

A kísérletek első blokkjában olyan megvásárolható eszközöket, játékokat mutattunk be, amelyek valamilyen szempontból meglepő látványt, működést mutatnak. A közönség összetételére való tekintettel az eszközöket a kísérletek gyors bemutatása után az erre nyitott érdeklődők rendelkezésére bocsátottuk, hogy bemutatónk ideje alatt azokkal játszani is tudjanak. Az alábbiakban ezeket az eszközöket mutatjuk be röviden.

A homorú tükör képalkotása izgalmas és látványos eredményekre vezethet. Kedvenc kísérletünk a virágcsokor-kísérlet (1. ábra). Itt a tükör geometriai középpontjának távolságában elhelyezett váza alatt – elrejtve – egy virágcsokor van fejjel lefelé felfüggesztve, így képe a vázában jelenik meg. Ezt a sok megvilágítás mellett igyekeztünk a kamera számára láthatóvá tenni, hogy a kivetített képet mindenki láthassa.

Hasonló jelenséget mutat be a következő egyszerű de látványos eszköz: egy szemben egymásra helyezett homorú parabolatükrökből álló játék. Az alsó félben egy kis méretű, piros színű szivacsabda van elhelyezve, aminek a képe a felső tükör tetején kivágott lyuk felett látszik a levegőben lebegni. Katicabogaras, illetve békás változata az interneten ma is megvásárolható (2. ábra).

Ugyancsak az optika tanítása során hasznos eszköz a vízgyöngy. A kezdetben apró gyöngyöket vízbe helyezve, azok 1–2 cm átmérőjű golyókká duzzadnak, amiknek – miután nagy részük víz –, a törésmutatója gyakorlatilag megegyezik a vízéval, így abban láthatatlannak. Ezt két egyforma edényben, két egyforma golyó segítségével mutattuk be (3. ábra).



1. ábra. Virágcsokor-kísérlet



2. ábra. Parabolatükrökkel előállított valódi kép (Forrás: <https://www.ebay.com/itm/285656953619>)



3. ábra. Gumilabda vízben vízgyönggyel és vízgyöngy nélkül



Schramek Anikó a Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium tanára. 2000-ben szerzett fizikatanári diplomát az Eötvös Loránd Tudományegyetemen. Korábbi alma materében, a Szent István Gimnáziumban kezdett tanítani; 2015 szeptembere óta a Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnáziumban tanít. Szakvizsgás képzést tehetséggondozás, tehetségfejlesztés szakirányon végzett, fizikai szakmódszertani doktori tanulmányait 2021-ben fejezte be.

Forgás is, optika is



4. ábra. A PhyTop játék

A PhyTop nevű játék (4. ábra) egy forgási ellipszoid, melynél a kis- és nagytengety aránya az aranymeteszes arányát követi. A felülete, és a hozzá tartozó tányér – amin megforgatjuk – sima, és jó fényvisszaverő, fémes csillogású.

A tányér is görbült felület, egy nagy görbületi sugarú gömb része. Ennek következtében, ha a nyugalomban fekvő testet megforgatjuk, az „feláll”, a függőleges helyzetűvé vált nagytengetye körül forog. A forgó csillogó test esztétikailag, illetve optikailag is különleges látványt nyújt. A sima felületeknek köszönhetően a forgás percekig tart.

Melyik lufi erősebb?

Ezután a görbületi nyomást szemléltető „lufis” kísérlet következett. Egy zárható, három kivezetéssel rendelkező, szeleppel ellátott cső két lufit köt össze. A szelep forgatható úgy, hogy mindig csak két kivezetés van összeköttetésben, így megoldható, hogy egyszerre csak az egyik lufit fújjuk fel. Az egyik lufit nagyra fújtuk, majd – a szelepet gyorsan átfordítva – a másik lufit kisebbre. A kísérlet annál látványosabb, minél nagyobb a méretkülönbség a két lufi között. A szelepet a két lufi között megnyitva – az első megérzésünk ellenére – a nagyobb lufiba áramlik a levegő a kisebből. A jelenség oka, hogy a lufi rugalmas gumiból készült, ami igyekszik visszatérni eredeti, nyújtatlan helyzetébe, így a bent lévő levegő nyomása az ebből származó görbületi nyomással nő. Ez a nyomás a lufi sugarával fordítottan arányos, ezért a nagyobb lufiban ez a nyomás kisebb, így oda áramlik át a levegő a nagyobb nyomású kisebb lufiból. A jelenség ugyanígy bemutatható szappanbuborékkal is, ahol a görbületi nyomás oka a felületi feszültség.

A mozgási indukció szemléltetése, avagy a kísérlet, ami mindig beválk

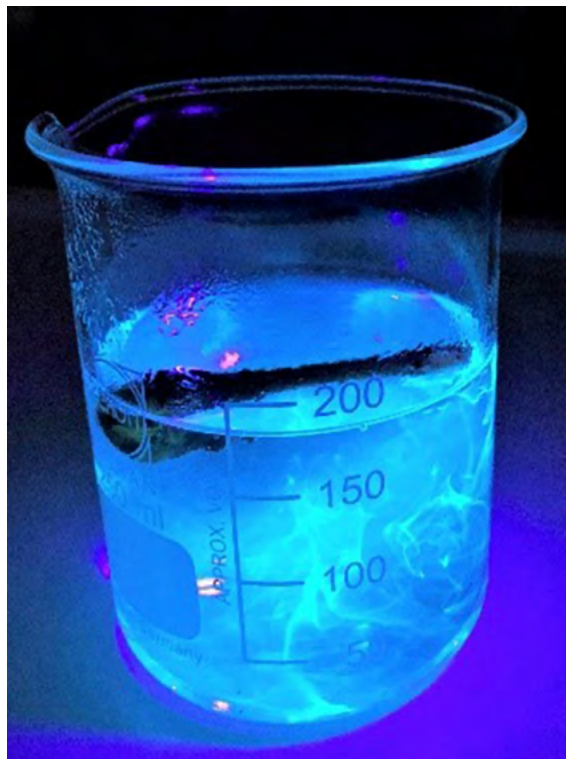
Következő kísérletünk a mozgási indukció, illetve Lenz törvényének demonstrálása alumínium-, illetve rézcsőben eső mágnes segítségével. Ehhez kisméretű neodímiummágnes és körülbelül 0,5 m hosszú csöveket használtunk. Az alumínium és a réz jó vezető, de nem mágnesesízhető, amit a kísérlet előtt a közönségnek be is mutattunk. A mágneszt a rúdba ejtve viszont azt tapasztaljuk, hogy a várt pár tized másodperc helyett akár 10–15 s-ig is eltarthat, mire leér. A magyarázat az, hogy

a mozgó neodímiummágnes feszültséget (illetve mivel vezetőről van szó, áramot is) indukál a cső falában. Lenz törvényének értelmében az indukált áram hatása az őt létrehozó hatást akadályozza, azaz a mágnesre egy felfelé mutató eredő Lorentz-erő hat, ami jelentősen megnöveli a mágnesdarab leérkezésének idejét.

Színes kísérletek

Ezután kémiai kísérletek következtek. Elsőként a „kék-lombik-kísérlet”, aminek alapja a metilénkék oxidált, illetve redukált alakjának különböző színe. Egy lombikba vizet töltöttünk, majd nátrium-hidroxidot és szőlőcukrot adtunk hozzá. Amint a két anyag feloldódott, csep-pentettünk hozzá egy kevés metilénkék. Az oldatunk kezdetben középkék színű, majd egy-két perc elteltével elszíntelenedik. Ha erősen összerázzuk a lombik tartalmát, a rendszerünk megint felveszi a kék színt, ami pár perc elteltével újra színtelen lesz. Ezt a folyamatot sokszor megismételhetjük. Ha állni hagyjuk oldatunkat, körülbelül egy óra után megzöldül (emiatt mindig frissen elkészített oldatokkal célszerű dolgozni). A metilénkék ebben a reakcióban oxigénátvivő katalizátorként funkcionál; a redukált alakja színtelen, az oxidált alakja kék színű. A folyamatban a glükóz glükonsavvá oxidálódik. Ha egy pohár csapvizet öntünk az oldatunkhoz, akkor az ismét megkékül, mivel a csapvíz sok oldott oxigént tartalmaz.

A Landolt-reakció szintén látványos színváltozásokat tartalmaz. A kísérlethez három oldatot kell elké-



5. ábra. A luminol oxidációja során kékeslila fény figyelhető meg

szítenünk: hígított keményítőoldatban nátrium-hidrogén-szulfítot (NaHSO_3) oldunk fel, valamint készítünk kálium-jodát- (KIO_3) és higany(II)-klorid- (HgCl_2) oldatot. Fontos ügyelni a pontos mennyiségekre, mivel a színváltozások csak az anyagok megfelelő arányában mennek végbe, illetve ajánlott az oldatokat frissen elkészíteni. Az összeöntés után pár másodpercig nem látható semmilyen változás, majd egyszer csak narancssárga, téglavörös (HgI_2) csapadék (az adott oldószerben nem oldódó, szilárd anyag) látható. A következő változás ismét néhány másodperc múlva következik be, ekkor a narancssárga szín be barnul, közel fekete lesz. Ezt a képződő jód okozza, ami az eredeti – higany nélküli – kísérletben kékre színezné az oldatot.

A kemolumineszcencia jelenségét szemléltető kísérlet során két oldatot készítettünk. Az egyikben hígított elegyítettünk desztillált vízzel, a másodikban pedig desztillált vízben nátrium-hidroxidot és luminolt oldottunk fel. A két oldatot teljes sötétségben öntöttük össze egy spirálhűtőben, hogy növeljük az érintkezési felületet. Így hosszabb időn keresztül lehetett látni a kékes-

lila fényt, amit a luminol oxidációja során bekövetkező egyik átalakulás okozott (5. ábra). A kemolumineszcencia a természetben is előfordul: tengeri élőlények szánálják zsákmányszerzés céljából, a szárazföldön pedig a szentjánosbogaraknál és bizonyos gombáknál találkozhatunk a vele.

Az additív színkeverés bemutatása után színes félárnyékokat vizsgáltunk. A három alapszínű fényforrással a közönségből önként jelentkezők kezét különböző irányokból megvilágítva, a kezek árnyékai között akadt, amely csak az egyik alapszínt tartalmazta, illetve olyan is, amely ezek komplementereit. Szintén az additív színkeverés adta lehetőség a közönség bevonására, a „Skittles-kihívás”, amihez egy régebben valamelyik közösségimédia-felületen terjedő videó adta az ötletet. Ennek során színes cukorkákat világítottunk meg – amennyire lehet – monokróm fénnel, és a – szintén önként jelentkező – résztvevőket arra kérjük, hogy válogassák szét a cukorkákat színek szerint.

Ezúton is köszönjük az élményt a szervezőknek, és a nagyon aktív közönségnek!

MEGRÁZÓ ÉLMÉNYEK – KÍSÉRLETI BEMUTATÓ 9. OSZTÁLYOS DIÁKOK KÖZREMŰKÖDÉSÉVEL

Gärtner István

Óbudai Árpád Gimnázium, Budapest

E-mail: Gartner.Istvan@arpad.edu.hu

Az eddigi négy évtizedes tanári pályafutásom során mindig szívesen mutattam be óráimon, illetve egyéb alkalmakkor is fizikai kísérleteket. Emiatt örömmel tettem eleget a felkérésnek, hogy az Ericsson Házban, az idei Kutatók Éjszakája rendezvényén kísérleti bemutatót tartssak. Az előadáshoz segítségül hívtam az általam tanított, gimnáziumunk 9. évfolyamának természettudományos tagozatára járó diákokat.

A cím sejteti, hogy bemutatónk témája az elektromosságtanhoz, ezen belül is főleg az elektrosztatikához kapcsolódott. Legfontosabb kísérleti eszközként az iskolánk szertárából kölcsönzött Van de Graaff-generátort használtuk, melyekhez további, részben saját magunk által létrehozott kísérleti eszközöket is társítottunk. Kísérleti

bemutatónk célja az érdeklődés felkeltése mellett az volt, hogy néhány, a hétköznapi életben is megjelenő elektrosztatikai jelenséget érthetően bemutassunk és elmagyarázzunk. Erre az este folyamán az egyik fellépő kolléga váratlan megbetegedése és ezáltal szükségsszerű helyettesítése miatt végül kétszer is sor került.

A diákok bemutatását követően előadásunk a hétköznapi életben is megtalálható és az elektrosztatika témaköréhez köthető néhány ismert jelenség megemlékezésével kezdődött (reggeli fésűlködés – feláll a hajunk, műszálás pulóver levétele – pattogó hang). Ez a felvezetés a kapcsolódó alapfogalmak ismertetésével egészült ki, melyeket a közönség a kivetítőn is nyomon követhetett. A fogalmak érthetőbbé tételéhez olyan egyszerű kísérleteket is elvégeztem, mint egy megdörzsölt műanyagrud vonzó erejének megjelenítése papírszeletekkel, illetve az elektromos töltést jelző elektroszkóp bemutatása.

A Van de Graaff generátort, illetve ennek elektromos terét megjelenítő kísérletek

A bevezető mondatok és alapkísérletek után került sor a Van de Graaff generátor bemutatására. Először csak kézzel mozgattam a szalagot, és felhívtam a közönség figyel-



Gärtner István 40 éve van a tanári pályán, 2000 óta tanít fizikát az Óbudai Árpád Gimnáziumban. Tanári tevékenysége egyik legfontosabb területének a tehetség-gondozást tartja. Tanítványai jelentős sikereket értek el az országos fizikaversenyek (OKTV, Mikola, Öveges) döntőiben, valamint a nemzetközi és az európai fizikai (IPHO, EUPHO) diákolimpiákon. Munkájának másik fontos része a rendszeres kísérletezés. Szakmai fejlődése végett és személyes motiváltsága miatt 2023-ban az ELTE Fizika Doktori Iskola Fizika Tanítása Program keretén belül megszerezte a PhD-fokozatot. Fizikatanári munkájának elismeréseként 2017-ben Bonis Bona díjban, kutatói munkájáért 2021-ben MTA Pedagógus Kutatói Pályadíjban részesült.

mét a pattogó hangra, valamint a kezemre átugró apró szikrákra, bár ezek többnyire csak a generátorhoz közel ülők esetében voltak észlelhetők. Ezután bekapcsoltam a generátor motorját, így a kisütőgömbre átugró szikrák már mindenki számára láthatók és hallhatók lettek. A kisütőgömbre való átugrás mellett egy kísérlet segítségével megmutattam azt is, hogy ezek a szikrák valóban elektromos töltést hordoznak. Egyik karomat a Van de Graaff-generátor gömbjéhez közelítettem, míg a másik kezemben egy neoncsövet tartottam. A gömbről a karomra történő szikraátugrással egyidőben a másik kezemben tartott neoncső felvillant.

A következő kísérletekben tanítványaim segítségével szemléltettük a Van de Graaff-generátor által létrehozott elektromos teret. Az első esetben két diákom a generátor gömbjének két oldalára grafitlappal bevont pingponglabdát lógatott. A motor bekapcsolása után az addig függőlegesen álló labdák elkezdtek a gömb felé közeledni, majd a gömbszellettel való érintkezés után elpattantak tőle. A második kísérlet a gömb tetején levő fémtűre helyezett könnyű fémlemez (Segner-kerék) forgásával, a harmadik pedig azzal mutatta be az elektromos tér jelenlétét, hogy a gömb tetejére állított „hajásbabamodell” haja égnek állt (1. kép).

Ez utóbbi kísérlet folytatásaként előbb saját tanítványaim közül, majd a közönség soraiból is kiválasztottam egy-egy önként jelentkező lányt, és megismételtem ve-



1. kép. Hajásbabamodell



2. kép. Élő hajásbaba

lük a kísérletet. Mindkét esetben látványos volt az „élő hajásbaba” hajának felemelkedése (2. kép), valamint az elektromos töltés jelenlétét bizonyító felvillanás, amit a diákok kezéről átugró szikra a hozzájuk érintett neoncsőben okozott.

Az emberi test vezetőként viselkedik

Ebben a kísérleti blokkban megmutattuk, hogy az emberi testet vezetőnek kell tekinteni, vagyis az elektromos töltések továbbítására képes. A blokkban három kísérlet szerepelt, mindháromban diákjaim voltak a főszereplők. A kísérletek alapja azonos volt, a diákok egymás mellett álltak, és egyikük a kezét a Van de Graaff-generátor gömbjére tette. Ezután először egymás kezét fogva, majd kezeiket egymás felé közelítve de nem érintve, végezetül kezeikben egy-egy neoncsövet tartva egymásnak továbbították a töltést. A töltés továbbhaladását mindhárom esetben úgy szemléltettem, hogy a generátor működése közben neoncsővel is megérintettem őket, így a felvillanásokkal láthatóvá tettem, hogy mindenkin volt töltés (3. kép).



3. kép. Az emberi test vezetőként viselkedik

A Faraday-kalitka és az ehhez kapcsolódó kísérletek

Előadásunkat egy saját magunk által készített Faraday-kalitka (fémhálóból körbevetett, lécekből összeállított fakocka) bemutatásával folytattuk. A kalitka külső felületére a Van de Graaff-generátorral vezeték segítségével töltést vittem át. Segítőim neoncsővel bizonyították, hogy a töltés a fémháló külső részén helyezkedik el (4. kép).

A következő kísérletben egy, a kalitka tetején, a fémhálón levő, grafitréteggel bevont pingponglabda és a kisütőgömb kölcsönhatását tettem láthatóvá a két tárgy között átugró szikrák segítségével. Végezetül a kalitka belsejébe töltetlen elektroszkópot helyeztek diákjaim, és megismételtük a legelső kísérletet. Látható volt, hogy az elektromos tér nem jelent meg a fémháló belsejében, az elektroszkóp továbbra is töltetlen maradt. Ennek a jelenségnek a hétköznapi életben is megjelenő szerepé-



4. kép. Faraday-kalitka

re konkrét példák említésével a hallgatóság figyelmét is felhívtam.

A csúcshatás bemutatása

A csúcshatás jelenségét két kísérlettel szemléltettem. Az elsőben a Faraday-kalitka fémhálójára helyeztünk egy fémcsúcsot, mely a Van de Graaff-generátor fémgömbje felé irányult. A csúcs „szívó hatása” miatt a fémhálóra töltés került, ezt neonszőveket érintésével diákjaim láthatóvá tették. A második kísérlet a csúcs „fújó hatását” mutatta be. A Van de Graaff-generátorról vezeték segítségével töltést vittem át egy olyan fémcsúcsra, mely elé egy égő gyertyát helyeztünk. A csúcshatás következményeként létrejövő elektromos szél a gyertya lángját előbb elhajlította, majd rövid időn belül el is oltotta.

Az elektrosztatikus harangjáték

A cím egy olyan kísérletet takar, amelyben két egymással szemben álló fémlapot használtunk, ezek közül az egyik a Van de Graaff-generátor fémgömbjéről vezetéken át töltést kapott, míg a másik földelt volt. A lapok közé egy pingponglabdát lógattunk – ez kezdetben az elektromos tér hiányában a lemezek között középen helyezkedett el. A generátor bekapcsolásakor a labda az elektromosan töltött lemez felé kitért, majd ahhoz hozzáérve eltaszítódott, és a kapott töltést a másik lemezre vitte át. A töltés leadása után újra a töltött lemez felé tért ki, így a folyamat ismétlődött, a lemezeken történő folyamatos ütközések egy harangjáték benyomását keltették (5. kép).

Az elektromos tér jelenlétének veszélye – figyelemfelhívó kísérletek

Előadásunk utolsó részében két olyan kísérletet mutattam be, melyek az elektromos térhez kapcsolódó tűz-veszélyre hívták fel a közönség figyelmét. Felhasználtam az elektrosztatikus harangjáték összeállítását, de a pingponglabda helyett a lemezek közé egy fémdrótot lógattunk be, melynek a végén egy kicsi, sebbenzinnel



5. kép. Elektrosztatikus harangjáték

átítatott vattadarab volt. A generátor bekapcsolása után az elektromosan töltött lappal történő érintkezéskor az átugró szikra miatt a vatta meggyulladt.

A második kísérlet a csúcshatással kapcsolatos veszélyre utalt, itt is egy sebbenzinnel átítatott vattadarabot használtam fel, melyet most egy hegyes fémcsúcs végére illesztettem. Az eszközt a Van de Graaff-generátor gömbjéhez közelítve a gömbről szikra pattant át a csúcsra, mely a vattát meggyújtotta (6. kép).



6. kép. A csúcshatás veszélye

Kísérleti bemutatónk a „konfetti-szökőkutas”, illetve a szappanbuborék-áramlásos kísérletekkel zárult. A Van de Graaff-generátor gömbjére bekapcsolás előtt konfettit halmoztunk fel, melyből a bekapcsolás után minden irányban elrepültek a kis papírkorongok. A működő generátorra néhány diákom további konfettit dobott, a darabok az érintkezés után a gömbről visszapattantak. A többiek szappanbuborék-fújókából a generátor gömbjére fújtak buborékokat, melyek a gömmbel való érintkezés után visszaáramlottak a fújó diákokra.

Összességében úgy érzem, hogy mindkét kísérleti bemutató elérte a célját; mind a közönség, mind tanítványaim láthatóan nagyon jól érezték magukat. Meggyőződésem, hogy szép élményekkel, de egyben sok olyan új ismeret megszerzésével térhettek haza, melyek remélhetőleg emlékeikben sokáig meg is maradnak. Ez volt a legfontosabb cél!

MIÉRT FONTOS A TUDOMÁNY MŰKÖDÉSÉNEK MEGÉRTÉSE? – A TUDOMÁNY TERMÉSZETÉVEL KAPCSOLATOS NÉZETEK VIZSGÁLATA GIMNAZISTÁK KÖRÉBEN

Nagy Márió Tibor^{1,3,@}, Korom Erzsébet^{2,3,&}

¹Szegedi Tudományegyetem, BTK Neveléstudományi Intézet, Neveléstudományi Tanszék, Szeged

²Szegedi Tudományegyetem, BTK Neveléstudományi Intézet, Oktatásmélt Tanszék, Szeged

³MTA–SZTE Digitális Tanulási Technológiák Kutatócsoport, Szeged

[@]E-mail: nagy.mario.tibor@edu.u-szeged.hu; [&]E-mail: korom@edpsy.u-szeged.hu

A tanulmány kilencedik és tizedik évfolyamos gimnáziumi tanulók körében, a SINOS-kérdőívvel elvégzett empirikus vizsgálat eredményeinek ismertetésével hívja fel a figyelmet arra, hogy miért fontos megismertetni a természettudomány működését, a természettudományos tudás jellemzőit, a „tudomány természetét” (Nature of Science, NOS), valamint formálni a tanulók NOS-nézeteit a természettudományok tanítása során, köztük a fizikaórákon. A tanulmány az empirikus vizsgálat eredményei mellett kitér a téma tantervi és oktatásmódszertani vonatkozásaira is.

Bevezetés

A természettudományos nevelés céljai az utóbbi évtizedekben a gyors társadalmi és technikai változások, valamint az egyre gyorsuló információfelhalmozás hatására megváltoztak. Korábban a természettudományok tanulása elsősorban az akadémiai tudás minél pontosabb elsajátítását jelentette. A modern tantervekben, amelyeket a természettudományos műveltséget értelmező összetett modellek alapoztak meg (bővebben lásd pl. [1]), a természettudományos nevelés társadalmi kontextusa az első számú célok közé került [2]; megtörtént a természettudományos tantárgyak „humanizálása” [3]. Ez a szemléletváltás magában hordozza, hogy az iskolai természettudományos nevelés a természeti jelenségekkel kapcsolatos ismeretek és fogalmak átadásán túl a tudomány működésének megértésére, a tudományos tudás keletkezésére és jellemzőire, a tudományos ismeretek alkalmazására, valamint a természettudományos gondolkodási képességek (pl. kombinatív, arányossági, analogikus, korrelatív, valószínűségi gondolkodás) és a kutatási készségek kellő mértékű fejlettségének elérésére helyezi a hangsúlyt [4].

A tanulmány a felsorolt területek közül a természettudományos megismerés eredményeként létrejövő természettudományos tudás jellemzőit („a tudomány természete”) és sajátosságait mutatja be egy empirikus kutatás eredményein

keresztül, reflektálva a téma fontosságára a hazai fizikatanítás kontextusában, összekapcsolva azokat a korábbi tantárgypedagógiai kutatásokkal és közoktatás-fejlesztési törekvésekkel.

Elméleti áttekintés

A neveléstudományi szakirodalomban a természettudomány működésével, a természettudományos megismerés és természettudományos tudás sajátosságaival foglalkozó kutatások a tudomány természete (nature of science, NOS) kifejezéssel összefüggésben találhatók meg. A tudomány természetének pontosabb megértését segíti a NOS jellemzőinek, illetve komponenseinek megismerése. Ennek kapcsán megfigyelhető a terület kutatói között egy hosszú éveken át tartó élénk vita és tudományos konszenzusra való törekvés, amelynek eredményeként a szakirodalom a NOS hét komponensét különíti el [5], ezek a következők: (1) *megfigyelés és következtetés* – e kétféle eljárás közötti különbség ismerete; (2) *elmélet és törvény* – annak ismerete, hogy mi az elmélet, és mi a törvény; (3) *képzelet és kreativitás* – a kutatás emberi tevékenység, melyben fontos szerepe van az ötletelésnek és az emberi kreativitásnak; (4) *a tudomány szubjektivitása* – annak ellenére, hogy a tudományosságnak megvannak a kritériumai, melyek az objektivitásra törekednek, a kutatók saját meggyőződésekkel, világnézettel rendelkeznek; (5) *a természettudományos tudás kulturális beágyazottsága* – a kutatókra hatással van az enklavizáció, a társadalmi és politikai környezet; (6) *a természettudományos tudás változékonysága* – a tudományos tudás új bizonyítékok hatására lecserélhető; (7) *a természettudomány empirikus jellege* – a tudományos tudás keletkezésében a kísérleteknek és azok ellenőrizhetőségének fontos szerepe van. A NOS koncepció fejlődéséről és egyes aspektusairól részletesen olvashatnak a szerzők által írt, az *Iskolakultúra* folyóirat 2022 júliusi számában megjelent tanulmányban [6]. A NOS-nak kiemelt szerepe van a természettudományos



Korom Erzsébet PhD, tanszékvezető habilitált egyetemi docens, az SZTE Neveléstudományi Intézetének munkatársa, az Oktatásmélt Tanszék vezetője. Az MTA–SZTE Természettudomány Tanítása Kutatócsoport vezetője, jelenleg az MTA–SZTE Digitális Tanulási Technológiák Kutatócsoport tagja. Kutatási területe a természettudományos műveltség összetevőinek vizsgálata: a tudományos ismeretek tanulása, a fogalmi fejlődés és fogalmi váltás, a természettudományos gondolkodás fejlődése és fejlesztése, a kutatási készségek fejlődése és fejlesztése, a kutatásalapú tanulás és a természettudományos tanulási motiváció.



Nagy Márió Tibor PhD, az SZTE Neveléstudományi Intézetének tanársegédje és az MTA–SZTE Digitális Tanulási Technológiák Kutatócsoport tagja. Kutatási területe a természettudományos műveltséghez kapcsolódó kutatási készségek és a természettudománnyal kapcsolatos nézetek és meggyőződések. Tudományos érdeklődése kiterjed továbbá a tudománnyal kapcsolatos nemiszteotípiákra, a természettudományokkal kapcsolatos tanulási és karriercélokra.

műveltségben, mert ahhoz, hogy a tanulók megérthessék a természettudományok komplex természetét, és kialakuljon bennük egy holisztikus természettudományos látásmód, nem elég önmagában a természettudományos ismeretanyag minél precízebb megismerése, elsajátítása. Szükség van annak megértésére is, hogy az a tudományos tudás, amelyet az iskolában tanulnak, sok tudós több évszázados munkájának és a kutatásra használt technológiai eszközök és módszerek fejlődésének eredménye. Ehhez ad keretet a tudomány természetének oktatási tartalmakba történő integrációja, és ezért fontos a NOS-ra a diszciplináris ismeretekkel egyenértékű tanulási eredményként tekinteni. Gyakorlati példával szemlélítve: nemcsak az atommodellek megtanítása a természettudományok tanításának célja, hanem annak a tudománytörténeti folyamatnak a bemutatása is ugyanolyan fontos, ami segítette az atommodellek fejlődését és előmozdította a régi tudományos tudás lecserélését. A NOS-sal kapcsolatos ismeretek jelentőségét a természettudományos nevelésben az is jelzi, hogy a PISA-vizsgálatok elméleti keretrendszerében is megjelennek, episztemikus tudás néven [7], amit a tartalmi keret a tudás természetével, a tudás eredetének jellemzőivel azonosít. Olyan ismeretek tartoznak ide, mint például: mi a szerepük a kérdéseknek, a megfigyeléseknek, az elméleteknek, a hipotéziseknek, a modelleknek és a bizonyítékoknak a tudományban? Mi jellemzi a tudományos vizsgálatokat? Ezek az eljárások milyen szerepet játszanak a tudomány által megfogalmazott állítások bizonyításában? Miért fontos a tudományos eredmények megismertetése a tudósközösséggel azok elismertetése során? [7]

A tudomány természetével kapcsolatos tartalmak számos természettudományos tantervben megtalálhatók, nemcsak Európában (pl. Egyesült Királyság, Írország, Németország) [8] vagy az Egyesült Államokban a természettudományos nevelés standardjaiban [9], de az ázsiai országokban is (pl. Indonézia vagy Szingapúr) [10]. Ugyanakkor a NOS-sal kapcsolatos tantervi célok és tanulási eredmények megfogalmazása igen változatos.

A hazai tantervi dokumentumokat megvizsgálva, a NOS a 2020-as Nemzeti Alaptantervben [11] és a hozzá kapcsolódó kerettantervekben is megjelenik, azonban a „tudomány természete” mint fogalom nincs meghatározva. A NAT fizikából a 9–10. évfolyamon a természettudományos tudás emberi kultúrához való kapcsolódása és a természettudományos világkép fejlődése és átalakulása révén emel be NOS-elemeket. Továbbá „A fizika, mint természettudományos megismerési módszer” téma a modellek fejlődéséhez kapcsolódó tanulási eredményekben, valamint „A fizikai tudomány, legújabb eredményei és módszerei” téma az új tudás keletkezésében és a tudományosság kritériumaiban fedezhető fel [11] (387. oldal). A gimnáziumi fizika-kerettantervben több témakör tanulási eredményeiben is megjelenik ugyanazon NOS-tartalom: a tanuló „tudja, hogyan születnek az elismert, új tudományos felismerések, ismeri a tudományosság kritériumait” [12] (6. oldal). Ennek eléréséhez olyan tevékenységeket javasol a kerettanterv, mint a tudománytörténeti témában történő bemutatkozás vagy a tudományos és áltudományos információ megkülönböztetését segítő tanulási módszerek alkalmazása.

Nemcsak a NOS-tartalmak ismerete, hanem az egyéneknek – az iskolai kontextust tekintve a tanulók, pedagógusok – a tudomány természetével kapcsolatos meggyőződésai, nézetei is befolyásolják a tudományról való gondolkodást, a

tudományhoz való viszonyulást. A neveléstudományi, oktatásmódszertani kutatásokban jelentős irány a NOS-nézetek kutatása, amit főként a kvantitatív kutatási szemlélet jellemez [5]. Számos kérdőív áll rendelkezésre, ezek egyike a SINOS-kérdőív (*Students' Ideas about Nature of Science*), ami alkalmas különböző életkorú tanulók NOS-nézeteinek vizsgálatára [13]. A tanulók NOS-nézeteire irányuló empirikus kutatási eredmények áttekintése alapján a következők állapíthatók meg: (1) a legjobban megértett NOS-jellemző az, hogy a tudományos tudás empirikus adatokon alapszik, majd ezt követi a kreativitás fontossága a tudományban [14]; (2) a fejlődési tendenciák nem azonosak, és nem minden NOS-szem-pont esetében mutatható ki változás az életkor előrehaladásával [15]; (3) a természettudományok tanulásával eltöltött idő és a NOS-nézetek egyes aspektusainak fejlettsége között összefüggés mutatható ki [16]. Több kutatás foglalkozik azal a kérdéssel, hogy a NOS-ról alkotott elképzeléseket és megértést hogyan lehet hatékonyan fejleszteni [14]. A legtöbb kutatás az explicit NOS-tartalmak tanórai kutatási tevékenységekbe való integrálását és a reflexiót emeli ki (pl. [5]).

A kutatás célja, hipotézisek

A tudomány természetével kapcsolatos nézetek kutatása és a NOS megértésének vizsgálata az elmúlt két évtizedben igen kiterjedt, ennek ellenére hazai adatok még nem állnak rendelkezésre a magyar tanulók NOS-nézeteinek fejlettsége kapcsán. Ezért kutatásunk célja az volt, hogy egy megfelelő megbízhatósággal rendelkező mérőeszköz segítségével empirikus adatokat gyűjtsünk a magyar tanulók NOS-nézeteiről.

A NOS-nézetek vizsgálatával kapcsolatos korábbi empirikus kutatásokban kiemelt kérdés, hogy milyen mintázatok fedezhetők fel az egyes NOS-aspektusok fejlettségében, és van-e különbség a nemek tekintetében. A kutatások egy része (pl. [17]) különbséget mutatott ki a nemek között, a fiúk fejlettebb nézetekkel rendelkeztek. Ugyanakkor a kutatások másik része (pl. [18]) arról számolt be, hogy a fiúk és a lányok nézeteinek fejlettsége között nincs különbség. Az eddigi kutatási tapasztalataink alapján és a szakirodalmi előzmények alapján az első két hipotézisünk:

H₁: Az egyes NOS-összetevők fejlettsége egymáshoz képest eltérő a tanulóknál.

H₂: Nincs szignifikáns különbség a SINOS-kérdőív egyes alkálai esetében a nemek között.

A NOS-nézetek fejlődését befolyásolhatja a természettudományos tantárgyak (biológia, fizika, kémia) tanításának, tanulásának módszere, hiszen a természettudományos tanítási órák során a tanulóknak lehetőségük adódhat arra, hogy a kutatókhoz hasonló tevékenységekben vegyenek részt, azaz megfigyeléseket, vizsgálatokat, kísérleteket végezzenek [19]. A kapcsolatot a természettudományok tanulásának módja és a NOS-nézetek fejlettsége között számos empirikus kutatás megerősítette (pl. [8]). Így azt gondoljuk, hogy a tanulók iskolai természettudományos teljesítménye és a NOS-nézetek egyes dimenzióinak fejlettsége között szignifikáns, pozitív kapcsolat áll fenn, ezért harmadik hipotézisünk:

H₃: A tanulók tudomány természetével kapcsolatos nézeteinek fejlettsége szignifikáns pozitív korrelációt mutat az iskolai teljesítményükkel.

Módszerek

Minta

A vizsgálatban, amely 2022 januárjában zajlott, két gimnázium – az egyik Dél-Alföld régióból, a másik Nyugat-Dunántúl régióból – 123 tanulója (43,9% fiú) vett részt. A tanulók kilencedik (57 fő, 46,3%) és tizedik (66 fő, 53,7%) évfolyamos, nem természettudományos tagozaton tanuló gimnazisták voltak, akiknek az átlagéletkora 15,4 év ($SD = 0,67$).

Mérőeszköz

A vizsgálatban az általunk magyar nyelvre adaptált, Chen és munkatársai (2013) [13] által kidolgozott SINOS-kérdőívet használtuk annak vizsgálatára, hogy a diákok hogyan értik meg a természettudományok működését, és mit gondolnak a tudósok munkájáról. A mérőeszköz kidolgozói a kérdőív-tételek megalkotásakor a következőket vették figyelembe: (1) az iskolai NOS-hoz kapcsolódó természettudományos tartalmakat (itt főként az amerikai egyesült államokbeli tantervekben megjelenő NOS-tartalmakat [9]); (2) a tudósok által széles körben elfogadott NOS-konceptiókat (pl. [5]); (3) a NOS-nézetek feltárására végzett tanulói interjúkat és a nyílt végű kérdésekre adott tanulói válaszokat [13].

A mérőeszközfejlesztés eredményeként egy 47 itemes, hét tartalmi dimenziót (*Elméletközpontúság, Kreativitás és képzelet, A tudományos tudás változékonysága, A tudományos tudás tartóssága, A tudomány összefüggései és objektivitása, Tudomány lányoknak, Tudomány fiúknak*) felölő kérdőívet hoztak létre [13], amely ötfokú Likert-skálán (1 = egyáltalán nem értek egyet, 2 = nem értek egyet, 3 = egyet is értek, meg nem is, 4 = egyetérték, 5 = teljes mértékben egyetérték) vizsgálja a kijelentésekkel való egyetértés mértékét.

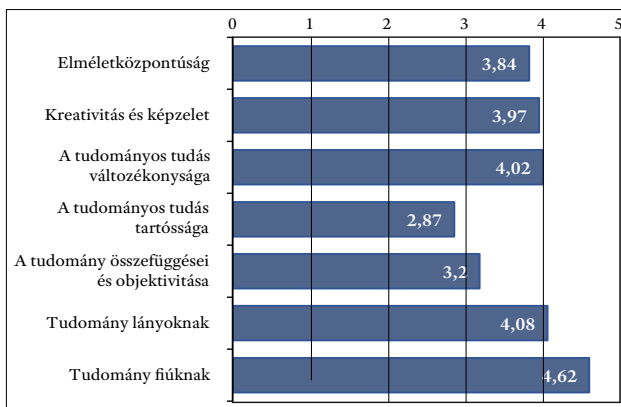
Az első három alskála a tartalmuk és összefüggéseik alapján összevonható egy *A tudomány szubjektivitása* dimenzióvá. Egy ezen a területen magas átlagértéket elért tanuló érti, hogy a tudományos tudás keletkezésében és fejlődésében fontos szerepük van a nem racionális tényezőknek is. Aki a szubjektivitás kapcsán fejlett nézeteket vall, belátja, hogy a kutatók meggyőződései, előzetes tudásuk, tapasztalataik, elvárásaik, elméleti elköteleződésük mind hatással vannak a munkájukra. Ezek befolyásolják gondolkodásmódjukat és azt, hogy milyen problémákat vizsgálnak, hogyan hajtják végre a vizsgálatokat, mit figyelnek meg, és hogyan értelmezik az eredményeiket. Továbbá tudja, hogy az emberi találékonyság és ötletelés is részét képezi a kutatási tevékenységnek.

A 4. és 5. alskála a *tudomány objektív aspektusát* bemutató dimenzióvá vonható össze. Az a tanuló, aki ezen a területen magas átlagértéket ér el, belátja, hogy a tudományos ismeretek bizonyítékokon és logikus érvelésen alapulnak; továbbá hogy az elméletek bizonyításában fontos szerep jut a kísérleti eredményeknek, amelyek fontos kritériuma, hogy megismételhetők legyenek. Érti, hogy egy kísérlet többféle módon is elvégezhető. Tudja, hogy egy hipotézisnek vagy magyarázatnak összhangban kell lennie más, elfogadott tudományos elméletekkel, illetve azt, hogy ha kellő bizonyíték gyűlt össze, akkor egy tudományos elmélet megváltoztatható, azonban ez nem egyik napról a másikra történik.

A tanulók hajlamosak a tudomány szubjektív és objektív aspektusáról egymástól függetlenül gondolkodni, így a nézeteik sem párhuzamosan fejlődnek a két aspektus tekintetében [13]. A SINOS-kérdőív tartalmaz még egy, a kutatással kapcsolatos nemi sztereotípiákra vonatkozó egységet. A *Tudomány lányoknak* és a *Tudomány fiúknak* alskálák állításai a tudományos kutatások végzéséhez szükséges jellemzők (tehetség, képesség, alkalmasság) mentén vizsgálják a tanulók nemi sztereotípiáit, azonban a nemmel kapcsolatos nézetek és sztereotípiák nem tekinthetők a NOS összetevőinek. A vizsgálatban a teljes kérdőívre számított belsőkonzisztencia-mutató megfelelő: Cronbach- $\alpha = 0,78$.

Eljárások, adatelemzés

Az adatfelvétel egy kémiaórán, online módon, a Google Forms felmérésadminisztrációs szoftver segítségével történt. A mérés lebonyolítását a két felkért kémiatanár végezte.



1. ábra. A tanulók átlageredményei az egyes dimenziók mentén

1. táblázat. A fiúk és lányok nézeteinek összehasonlítása a SINOS-kérdőív alskálái szerint ($N = 123$ fő)

Dimenziók	Fiúk ($n = 54$)	Lányok ($n = 69$)	Levene-teszt		t	df	p
	Átlag (Szórás)	Átlag (Szórás)	F	p			
Elméletközpontúság	3,80 (0,42)	3,87 (0,37)	4,05	0,05	-0,97	100,5	0,33
Kreativitás és képzelet	3,96 (0,60)	3,98 (0,53)	0,77	0,38	-0,13	121	0,90
A tudományos tudás változékonysága	4,03 (0,58)	4,02 (0,48)	2,11	0,15	0,12	121	0,90
A tudományos tudás tartóssága	2,90 (0,77)	2,85 (0,70)	1,18	0,28	0,43	121	0,67
A tudomány összefüggései és objektivitása	3,01 (0,80)	3,34 (0,75)	1,95	0,17	-2,38	121	0,028
Tudomány lányoknak	3,46 (1,48)	4,57 (0,65)	50,80	0,001	-5,16	68,8	0,001
Tudomány fiúknak	4,72 (0,55)	4,55 (0,79)	4,52	0,04	1,37	119,6	0,17

A Cronbach- α mutató kiszámításához, a t -próbák végrehajtásához és a korrelációs együtthatók kiszámításához az SPSS (27 verzió) és a jamovi (2.3.26 verzió) statisztikai elemző programokat használtuk.

Eredmények

A vizsgálatban részt vevő tanulók *A tudományos tudás tartóssága* és *A tudomány összefüggései és objektivitása* alskálákon érték el a legalacsonyabb átlageredményeket (1. ábra). Ez a két alskála a tudomány objektív aspektusaihoz kapcsolódó kijelentéseket tartalmaz. Ezek a kérdőív-tételek naív nézetekként vannak megfogalmazva, így reverz kódolásúak. A három másik alskálán (*Elméletközpontúság*, *Kreativitás és képzelet*, *A tudományos tudás változékonysága*), melyek a tudomány szubjektív aspektusához kapcsolódó állításokat tartalmaznak, a tanulók megközelítőleg egy egésszel magasabb, 4-hez közeli átlagértékeket értek el. A tudomány műveléséhez szükséges képesség, tehetség, alkalmasság kérdését vizsgáló, a nemi sztereotípiákra vonatkozó állításoknál a kitöltők a fiúkat ($M = 4,62$, $SD = 0,70$) alkalmasabbnak ítélték a tudomány művelésére, mint a lányokat ($M = 4,08$, $SD = 1,23$).

A második hipotézis (nemek közötti különbségek) teszteléséhez elvégzett t -próbák eredményeit az 1. táblázat mutatja be. A nemek eredményeinek összehasonlításában két alskála esetén találtunk különbséget. *A tudomány összefüggései és objektivitása* alskála tekintetében a lányok szignifikánsan magasabb átlagértéket értek el, mint a fiúk ($t(121) = -2,380$, $p = 0,028$, $d = -0,43$). Továbbá a *Tudomány lányoknak* alskálán találtunk több mint egy egész értékkel nagyobb különbséget a fiúk és a lányok átlagai között azzal a nézettel kapcsolatban, hogy a lányok alkalmasságát hogyan ítélik meg a tudomány művelésével kapcsolatban ($t(68,8) = -5,16$, $p < 0,001$, $d = -0,97$).

A tanulók iskolai természettudományos teljesítményének jellemzéséhez a biológia, a fizika és a kémia tantárgyak félévi osztályzatait használtuk fel, és megnéztük az egyes NOS-alskálákkal való korrelációs együtthatókat. A vizsgálat eredményeként három alskála esetében találtunk szignifikáns kapcsolatot. *A tudományos tudás változékonysága* alskála mindhárom természettudományos tantárgy iskolai teljesítményével szignifikáns korrelációt mutat ($r_{\text{biol.}} = 0,21$, $p < 0,05$; $r_{\text{fiz.}} = 0,23$, $p < 0,01$; $r_{\text{kém.}} = 0,22$, $p < 0,05$). A tudomány szubjektív aspektusához kapcsolódó *Elméletközpontúság* alskála a fizika- és a kémiajeggyel mutatott pozitív szignifikáns korrelációt ($r_{\text{fiz.}} = 0,23$, $p < 0,01$; $r_{\text{kém.}} = 0,30$, $p < 0,001$). Ezen felül a kémiajegy szignifikánsan korrelált *A tudomány összefüggései és objektivitása* alskálával ($r = 0,26$, $p < 0,05$).

Diskusszió

A tanulók által elért átlagértékekkel kapcsolatban elmondható, hogy a tudomány szubjektív aspektusához kapcsolódó három alskála tekintetében a vizsgálatban részt vevő kilenc és tizedik évfolyamos tanulók magasabb átlageredményt értek el, mint a tudomány objektív aspektusával kapcsolatos két alskálán. Így az első hipotézisünket alátámasztják az adatok, miszerint eltérések vannak az egyes NOS-dimenziók fejlettségében. Elmondható, hogy a kutatásunkba bevont magyar tanulóknak a tudomány szubjektív jellegét hangsúlyozó NOS-aspektussal kapcsolatban vannak kifinomultabb

nézeteik. Ez összhangban van Emran és munkatársai (2020) [17] kutatásával, akik szintén a SINOS-kérdőívet használták, és az objektív aspektushoz tartozó két alskálán alacsonyabb pontszámokat tapasztaltak. Ők ugyan nem magyarázták, de fontos kiemelni a kérdőív értékelése és a későbbi összefüggés-vizsgálatok eredményeinek értelmezése kapcsán, hogy a tudomány objektív aspektusához kapcsolódó kérdőív-tételek fejletlen, naív nézeteket tartalmaznak (reverz itemek), több esetben tagadószavak alkalmazásával. Így felmerülhet, hogy a megítélésük nehezebb lehetett a tanulók számára, ezért nagyobb valószínűséggel választották a skála középpontját, a 3-as értéket. Mindezt további kutatásokban érdemes vizsgálni.

A nemek közötti különbségeket tekintve a második hipotézisünk (H_2) részben igazolódott. A SINOS hét alskálája közül kettő esetében (*A tudományos tudás összefüggései és objektivitása*, *Tudomány lányoknak*) találtunk szignifikáns különbséget a fiúk és a lányok átlagértékei között, hasonlóan Emran és munkatársai (2020) [17] eredményeihez. Különbség azonban, hogy vizsgálatukban a fiúk értékelték erősebben egyet a tudományos tudás objektivitására és összefüggésére irányuló alskála tételeivel, míg a mi vizsgálatunkban a lányok. A lányokkal kapcsolatos nemi sztereotípiák a tudományos munkával összefüggésben Emran és munkatársai (2020) [17] kutatásában is megjelentek: a fiúk sztereotip mintákat mutattak a lányokkal szemben, ez azonban nem volt olyan markáns, mint a vizsgálatunkban részt vevő magyar fiúk esetében. A tudomány művelésével kapcsolatos nemi sztereotípiák feltárása kutatásunkban egy mellékszál, de figyelmet érdemlő eredmény, hogy a fiúk és a lányok is inkább a fiúkat tartják alkalmasabbnak a kutatói tevékenységekre, ami felhívja a figyelmet a nemi sztereotípiák csökkentésének fontosságára, a lányok bevonására, a karrierlehetőségek megmutatására.

A harmadik hipotézisünk (H_3) a NOS-nézetek fejlettsége és a természettudományos iskolai teljesítmény közötti összefüggésre irányult. Az eredmények alapján elmondható, hogy ezt a hipotézisünket az empirikus eredmények csak részben igazolták: a tudomány szubjektív aspektusához tartozó alskálák voltak szorosabb összefüggésben a tanulói teljesítménnyel. Ez alapján elmondható, hogy a természettudományokban jól teljesítők jobban megértik a tudomány működését és a természettudományos tudás keletkezését, fejlődését, azonban ezen kapcsolatok megértéséhez további, empirikus adatokon alapuló modellek létrehozása szükséges.

Konklúzió, jövőkép

Kutatási eredményeink azt mutatják, hogy a magyar gimnazisták NOS-nézeteinek fejlettsége változatos, ezért a hazai tantárgy-pedagógiai kutatásokban szükséges a tudomány természetének megértésével foglalkozni. A tanulók akkor tudják megérteni a természettudomány komplex jellegét, dinamikus természetét, ha a természettudományok tanulása során fokozatosan formálódik a tudományos szemléletük, látásmódjuk. Célként fogalmazható meg, hogy a formális természettudományos oktatás végére a tanulók többsége kifinomult nézetekkel rendelkezzen a tudomány természetét illetően. Ezért fontos – a csökkenő természettudományos óraszámok ellenére is [3] –, hogy a NOS-tartalmak bekerüljenek, illetve hangsúlyosabbak legyenek a hazai tantervi do-

kumentumokban is, és ezen keresztül megjelenjenek tanulási eredményként a hazai természettudományos nevelésben, a fizikaórákon is.

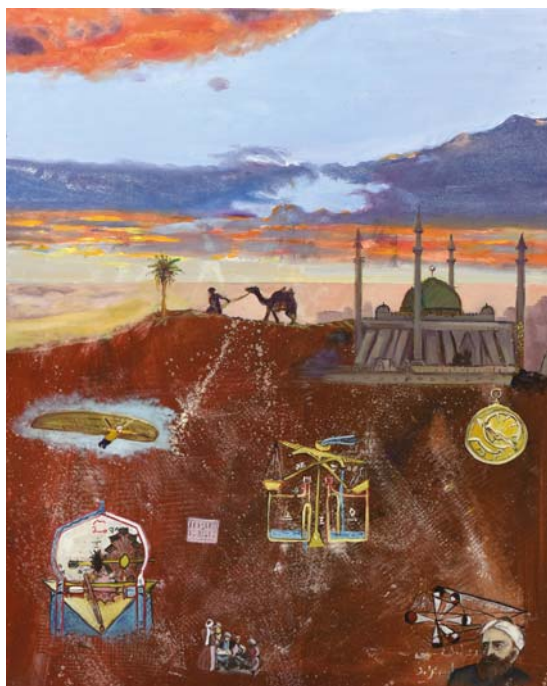
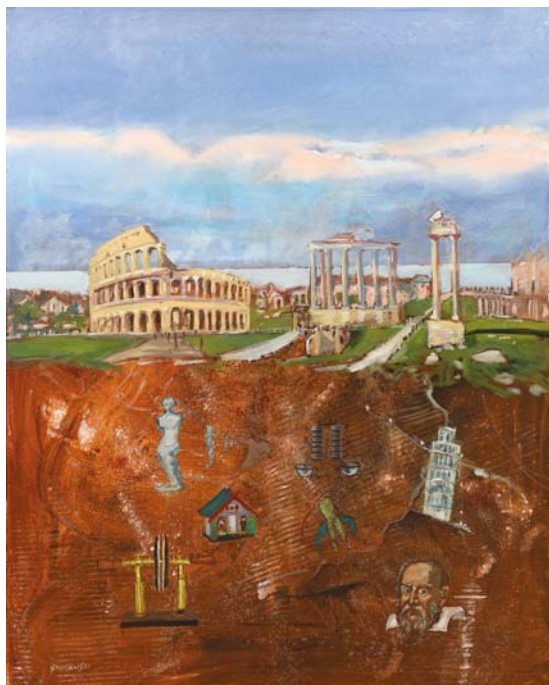
Ahhoz, hogy a tanteremben is elinduljanak a pozitív változások, szükségesnek látjuk a tanárok NOS-sal kapcsolatos nézeteinek formálását és tudásuk gyarapítását. A tanárok felkészítéséhez továbbképzésekre, ezen tartalmak egyetemi képzési programokba történő integrálására és a nemzetközi gyakorlathoz hasonlóan hazánkban is kiterjedt empirikus kutatásokra van szükség: tanárvizsgálatok, tanárszakos hallgatók vizsgálata, a NOS-nézetek és a természettudományos episztemológiai meggyőződések longitudinális fejlődésvizsgálata. Az is további kutatási kérdés lehet, hogy a hazai tantervi szabályozás, infrastrukturális feltételek, természettudományos tanárok száma mellett hogyan lehet a leghatékonyabban integrálni a NOS-tartalmakat a tanórai kutatási tevékenységekbe, elősegítve és tudatossá téve a tanulók tudományról való meggyőződéseinek fejlődését. Ehhez fejlesztőprogramok kidolgozása és hatásaik értékelése szükséges.

A kutatásunk az első olyan vizsgálat, amely információval szolgál a magyar tanulóknak a természettudomány természetével és a tudomány működésével kapcsolatos nézeteiről. Eredményeink jól összekapcsolhatók a hazai természettudományos oktatás megújítását célzó kutatócsoportok munkájával (pl. MTA–SZTE Természettudomány Tanítása Kutatócsoport, az ELTE Természettudományos Oktatásmódszertani Centrum kutatócsoportjai) és a korábbi kutatási előzményekkel, amelyek megmutatták, hogyan illeszthetők be a NOS-tartalmak a tudománytörténeti folyamatok elemzésébe, a tudománytörténeti példák bemutatásába, az adott diszciplína fejlődését jelentősen befolyásoló kutatások elemzésébe és értékelésébe, továbbá a kutatásalapú tanulás módszerébe (pl. [3, 20–23]). Ezek a kutatási, tantervi- és tananyagfejlesztési irányok, módszertani változások nem véletlenek: a természettudomány működésének megértése, a természettudományos tudás jellemzőinek megismerése, a természettudományos tudásról és megismeréstől alkotott nézetek és meggyőződések formálása olyan céljai a természettudományos nevelésnek, amelyek szükségesek ahhoz, hogy az állandóan változó és sokszor bizonytalan társadalmi és környezeti folyamatokra (pl. klímaváltozás, környezeti katasztrófák, járványok, globalizáció stb.) az egyén sikeresen tudjon reagálni.

Irodalom

1. B. Németh M., Korom E. (2012): A természettudományos műveltség és az alkalmazható tudás értékelése. In: Csapó Benő, Szabó Gábor (Eds.): *Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez*, pp. 59–92.
2. Csapó B. (1999): Természettudományos nevelés: híd a tudomány és a nevelés között. *Iskolakultúra*, 9(10), 5–17.
3. Radnóti K. (2020): A fizikaoktatás kálváriája a rendszerváltás óta. A humán lobby győztes diktatúrája a természettudományos tantárgyak felett a 21. század technikai meghatározottsága idején. *Fizikai Szemle*, 70(7–8), 265–272. https://fizikaizsemla.elft.hu/uploads/2020/08/fizszem-20200708-radnotikatalin_10_12_47_1598861567.515.pdf (Utolsó letöltés: 2024. 09. 07.)
4. Korom E., Z. Orosz G. (2020): A természettudományos nevelés fő kutatási irányzatai. *Magyar Tudomány*, 181(1), 34–46. <https://doi.org/10.1556/2065.181.2020.1.4>
5. Lederman N. G. (2007): Nature of science: Past, present, and future. *Handbook of research on science education*, pp. 831–879.
6. Nagy M. T., Korom E. (2022): A tudomány természete (*Nature of Science, NOS*) és szerepe a természettudományos nevelésben. *Iskolakultúra*, 32(7), 84–102.
7. OECD (2019): *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*. PISA, OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/b25efab8-en> (Utolsó letöltés: 2024. 09. 07.)
8. Krell M., Koska J., Penning F., Krüger D. (2015): Fostering pre-service teachers' views about nature of science: evaluation of a new STEM curriculum. *Research in Science & Technological Education*, 33(3), 344–365. <https://doi.org/10.1080/02635143.2015.1060411>
9. NGSS Lead States (2013): Next generation science standards: For states, by states. Appendix H. <https://www.nextgenscience.org/next-generation-science-standards> (Utolsó letöltés: 2024. 09. 16.)
10. Sumarni S., Haryati S., Trisnowati E., Siswanto S., Firdaus M. M. A., Singgih S. (2022): Comparison Analysis of Junior High School Science Textbooks in Indonesia and Singapore View from Nature of Science (NoS) Aspects. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(4), 1707–1713. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i4.1638>
11. Nemzeti alaptanterv (NAT, 2020): *Magyar Közlöny*, 17, 290–446. <https://www.kozlonyok.hu/nkonline/MKPDF/hiteles/mk20017.pdf> (Utolsó letöltés: 2024. 09. 07.)
12. Kerettantervek. Fizika (2020): https://www.oktatas.hu/koznevelles/kerettantervek/2020_nat (Utolsó letöltés: 2024. 09. 07.)
13. Chen S., Chang W.-H., Lieu S.-C., Kao H.-L., Huang M.-T., Lin S.-F. (2013): Development of an empirically based questionnaire to investigate young students' ideas about nature of science: Students' ideas about nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(4), 408–430. <https://doi.org/10.1002/tea.21079>
14. Cofré H., Núñez P., Santibáñez D., Santibáñez D., Valencia M., Vergara C. (2019): A critical review of students' and teachers' understandings of nature of science. *Science & Education*, 28, 205–248. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00051-3>
15. Deng F., Chen D.-T., Tsai C.-C., Chai C. S. (2011): Students' views of the nature of science: a critical review of research. *Science Education*, 95(6), 961–999. <https://doi.org/10.1002/sce.20460>
16. Tsai C.-C. (2006): Biological knowledge is more tentative than physics knowledge: Taiwan high school adolescents' views about the nature of biology and physics. *Adolescence*, 41(164), 691–703.
17. Emran A., Spektor-Levy O., Paz Tal O., Zvi Assaraf O. B. (2020): Understanding students' perceptions of the nature of science in the context of their gender and their parents' occupation. *Science & Education*, 29, 237–266. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00103-z>
18. Hacıeminoglu E., Yılmaz-Tüzün Ö., Ertepinar H. (2014): Development and validation of nature of science instrument for elementary school students. *Education*, 3, 258–283. <https://doi.org/10.1080/03004279.2012.671840>
19. Rockland, R., Bloom, D. S., Carpinelli, J., Burr-Alexander, L., Hirsch L. S., Kimmel H. (2010): Advancing the “E” in K-12 STEM education. *Journal of Technology Studies*, 36(1), 53–64. <https://doi.org/10.21061/jots.v36i1.a.7>
20. Balázs K., Szalay L., Tóth Z. (2015): A gondolkodási képességek fejlesztése. In: L. Szalay (ed.), *A kémiatanítás módszertana*. ELTE. https://pedagoguskepzes.elte.hu/images/anyagok/i3/27_Kemiatanitas_modszertana_jegyzet (Utolsó letöltés: 2024. 09. 07.)
21. Korom E., Németh V. (2020): *Gondolkodtató természettudomány-tanítás. Kémia*. Mozaik Kiadó. http://edu.u-szeged.hu/ttkcs/sites/default/files/konyvek/MS-9404_MTA_kemia_online.pdf (Utolsó letöltés: 2024. 09. 07.)
22. Korom E., Radnóti K. (2020): *Gondolkodtató természettudomány-tanítás. Fizika*. Mozaik Kiadó. http://edu.u-szeged.hu/ttkcs/sites/default/files/konyvek/MS-9403_MTA_Fizika_online.pdf (Utolsó letöltés: 2024. 09. 07.)
23. Radnóti K. (2021): A megismerés kalandja: Az ismeretszerzés tudományos módszereinek bemutatása a fizikaoktatásban. *Fizikai Szemle*, 71(11), 384–393. https://epa.oszk.hu/00300/00342/00366/pdf/EPA00342_fizikai-szemle-2021-11.pdf (Utolsó letöltés: 2024. 09. 07.)

Képek Stonawski Tamás festménysorozatából



The collage consists of 25 small photographs arranged in a grid-like fashion, showcasing the 'Kutatók Éjszakája' event. The images capture a variety of moments: a large group of children and adults seated in a hall, listening to a presentation; children working on projects at tables; adults demonstrating experiments like using balloons and a string; and various banners and logos, including 'ERICSSON' and 'Európai Kutatók Éjszakája'. The overall atmosphere is one of active participation and learning.