



elektron eltávolításához szükséges energiát a héliumatom magas frekvenciás fény elnyelésével szerzi meg.

Várni kellett a nagyobb energia kisugárzására képes kvazárok megjelenésére. A kvazárok a rádióhullámok mellett fényt is sugároznak, középpontjukban hatalmas, mindent felfaló fekete lyuk van, amely biztosítja a különlegesen nagy fényteljesítményhez szükséges energiát.

A Naprendszer

Tejútrendszer az Univerzum spirális karú galaxisainak egyike. A Tejútrendszer korong alakú, átmérője körülbelül 100 ezer fényév, a korong alak legnagyobb vastagsága mintegy 16 ezer fényév. A 100 milliárd csillag mellett lehet benne 100 milliárd bolygó, 100 millió fekete lyuk. A Tejútrendszer égi vetülete a Tejút, az égen szabad szemmel látható fényes sáv, amely távcsőben szemlélve csillagokra bomlik.

A Naprendszer a Tejútrendszer spirális karjainak egyikében található, a Tejútrendszer középpontjától 25 ezer fényévnire.

A Big Bang után 9,2 milliárd évvel indult el Naprendszerünk kialakulása, ennek fázisai a 28. ábrán láthatók.

28. ábra. Az anyagfelhő összehúzódott, forgásba jött. Belső része felforrósodott. Külső része nagy kerületi sebességgel forgott, levált a belső részről, ebből alakultak ki a bolygók.

ionizálta. A hidrogénmaghoz befogott elektronok az UV gerjesztést követően az atomokról leszakadtak; szabad elektronokká váltak és az Univerzum ismét átlátszatlaná vált. Végül is a fokozódó átlátszatlanóság a hidrogén reionizációt a 900 milliomodik évben leállította.

A hidrogén reionizációját követően jelentős késéssel indulhatott a hélium reionizációja (27. ábra). Az első csillagok ultraibolya sugárzási energiája nem volt elegendő a sokkal nagyobb ionizációs energiát igénylő héliumban kötött elektronok kiszakítására. A hidrogén ionizációs energiája 13,6 eV, a hélium mindkét elektronjának leszakításához 70,9 eV szükséges. Az

XXV. ORSZÁGOS SZILÁRD LEÓ FIZIKAVERSENY – 3. rész

Sükösd Csaba
BME Nukleáris Technika Tanszék

Visszatekintés és a döntő nem-elméleti részének készítői

Az előző két részben bemutattuk a XXV. Országos Szilárd Leó Fizikaverseny elődöntőjében, illetve a döntőben feladott elméleti feladatokat és megoldásu-



Sükösd Csaba (1947) a BME címzetes egyetemi tanára, az ELFT elnökségi tagja. Kísérleti magfizikus, aki kísérleti munkáját nagyrészt külföldi kutatóintézetekben végezte. Kutatási területe a magreakciók, óriásrezonanciák és némely asztrofizikailag releváns magreakció vizsgálata radioaktív ionnyalábokkal. Marx György tanítványaként részt vett a 70-es évek MTA oktatási kísérletében. Azóta is szoros kapcsolata van a fizikatanárok közösségével, több tanár- és oktatókkal kapcsolatos program vezetője.

kat. A mostani, befejező részben a döntő kísérleti és számítógépes szimulációs feladatát, valamint a verseny eredményét ismertetjük. A kísérleti feladat és a számítógépes feladat mindegyikére másfél óra állt rendelkezésre. A kísérleti feladat végrehajtásához szükséges eszközöket az Energetikai Technikumban Csapó János úr készítette Borbély Venczel tanár úr által tervezett és készített prototípus, valamint a tanár úr útmutatásai alapján. A szimulációs feladat ötlete Tarján Péter tanár úrtól származik, a kódolást pedig – mint egy kivétellel minden esetben a korábbi szimulációs feladatok esetében is – Sükösd Csaba, a versenybizottság vezetője végezte, de a feladat tesztelésében és a végső változat kidolgozásában nagy szerepet vállalt Papp Gergely, Tarján Péter és Halász Máté versenybizottsági tag is. Mind a kísérleti, mind a számítógépes feladatot az Energetikai Technikum termeiben hajtották végre a diákok.



1. ábra. A XXV. Országos Szilárd Leó Verseny kísérleti fordulóján használt eszköz.

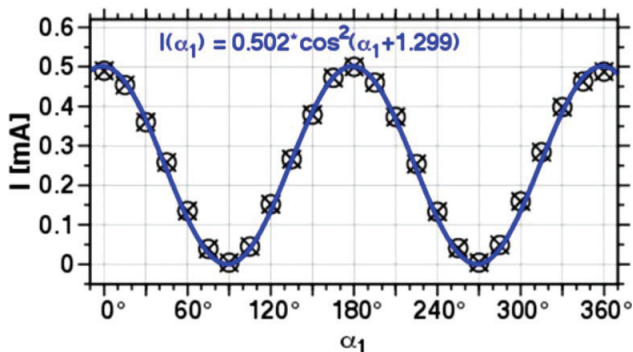
Kísérleti feladat – fotonok polarizációja

A kvantummechanika alapjainak középiskolai tanítását többféle módszertannal kísérelték meg a múltban és a jelenben is. A leggyakrabban használt módszereket a GIREP2019 fizikatanítási konferencia egyik vezető cikke foglalja össze [1]. Hazánkban a hullámfüggvényen keresztül történő megközelítés honosodott meg az 1980-as években, újabban azonban kísérletek történtek a kétállapotú rendszerek vizsgálatán keresztül történő módszertani megközelítésre is [2, 3]. Ez utóbbi motiválta a verseny kísérleti fordulóját tervezőket arra, hogy a fénypolarizáció jelenségét felhasználva próbálják a versenyzők gondolkodását ebbe az irányba terelni.

A kísérleti összeállítás megtervezése Borbély Venczel, 15 példányban való elkészítése pedig Csapó Jánost, a paksi ESZI munkatársát dicséri.

A kísérleti összeállítás közös optikai tengelyre szerelt három, forgatható, skálával ellátott polárszűrőből áll. A középső polárszűrő kiserelhető és egy üres csővel helyettesíthető. Az összeállítás egyik oldalán LED-es fényforrás, a másik oldalán pedig napelemből készült fotodetektor van. A fotodetektor áramát multiméterrel mérik a versenyzők. Az egészet Bunsen-állványra rögzítettük a könnyebb kezelhetőség érdekében (1. ábra).

2. ábra. A fényelem áramerőssége két polárszűrő esetén. A kép tetején az Excel Solver modulja által illesztett függvény paraméterei (amplitúdó és kezdő fázisszög).



A versenyzőket a mérésnél használt számítógépen található videó is segítette a készülék használatának megtanulásában, a mért adatok kiértékelését pedig egy előre elkészített, és az Excel Solver moduljával megfelelően beprogramozott Excel-fájl segítette.

A versenyzőknek lényegében három feladatot kellett vizsgálniuk:

a) Vizsgálják az átmenő fényintenzitást (a fotodetektor áramát) két polárszűrő esetén, az egyik szűrő 0° és 360° közötti szögekkel történő elforgatása során. (A kapható eredményről mutat példát az olvasóknak a 2. ábra.)

b) Az előző mérés alapján állítsák a két polárszűrőt kereszttezett állásba (minimális átengedett fény), helyezték be a középső polárszűrőt, és azt forgassák körbe, feljegyezvén az árammérő értékeit. (A 3. ábrán ilyen eredményt láthat a tisztelt olvasó.)

c) (Szorgalmi feladat) Mi történik, ha felcserélik a középső polárszűrő szerepét valamelyik szélső polárszűrőével? (Azaz a középső polárszűrő marad kereszttezett állásban az egyik szélsővel és a másik szélsőt forgatjuk körbe?)

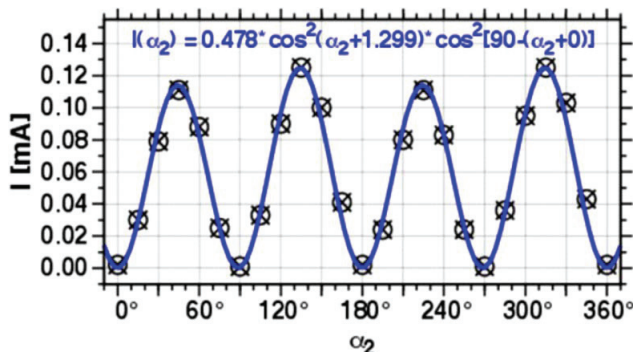
A feladatok ismertetése előtt egy rövid magyarázatot is kaptak a versenyzők a két-polárszűrős kísérlet várható eredményéről, illetve annak klasszikus fizikai értelmezéséről (a fény, mint transzverzális elektromágneses hullám).

A feladat része volt az is, hogy a mérésről készített jegyzőkönyvben az oszthatatlan fotonok segítségével próbálják megmagyarázni a fenti kísérletek eredményeit. Ettől a ponttól vártuk azt, hogy a versenyzők elgondolkoznak a jelenség kvantummechanikai vonatkozásain (például valószínűségi értelmezés).

Értékelés – Borbély Venczel írása alapján [4]

A legtöbb pontot a feladatban utasításként megjelenő és végrehajtott mérési részekre kapták a versenyzők. Nehezebben ment a mért értékek elemzése, hiányos volt a mérésből kiemelendő adatok megemlítése, a mérés menetének rövid ismertetése, az előzetes várakozás, cél, „hipotézis” megemlítése, vagy valami-

3. ábra. A fényelem áramerőssége a középső polárszűrő forgatása esetén. A két szélső polárszűrő kereszttezett állásban volt. A kép tetején az Excel Solver modulja által illesztett függvény paraméterei.



lyen bevezető gondolat a méréshez. A jelenség teljes értékű fotonelméleti magyarázata kettő munkában jelent meg (egy Szenior és egy Junior versenyzőnél), további hét versenyző adott részben jó értelmezést. A „szorgalmi” feladatot 19 Szenior versenyzőből 12-en oldották meg.

Örömünkre szolgált, hogy a versenyzők megpróbálták értelmezni a látott jelenségeket, igyekeztek következtetéseket levonni, és hogy a hibaszámolás, hibák felderítése, valamint megmagyarázása sokak számára is fontos része volt a mérőkutató munkának.

Az útmutató szerint összesen 30 pontot lehetett elérni (25 pont a „kötelező” részre, és 5 pont a szorgalmi feladatokra). Maximum 25 pont került beszámításra, és aki a szorgalmi feladatokkal meghaladta ezt, különdíjban részesült. A legmagasabb elért pontszám a Szenior kategóriában 27 pont, a Junior kategóriában 19 pont volt. Az átlag a Szenioroknál $16,8 \pm 4,9$ pont, a Junioroknál $12,6 \pm 5,5$ pont volt.

Számítógépes, szimulációs feladat – tömegspektrométer modellezése

A szimulációs feladatot az Energetikai Szakgimnázium termeiben másfél óra alatt hajtották végre a diákok.

A számítógépes feladat során egy Brainbridge–Jordan-típusú tömegspektrométer működésével kellett megismerkedjenek a versenyzők. Az eszköz részei: ionforrás, hengerkondenzátor (elektromos szűrő), szektormágnes (mágneses szűrő) és driftcsövek. Ezeket az 5. ábra bal oldalán lévő vázlaton különböző színekkel jelöltük.

5. ábra. A Bainbridge–Jordan-tömegspektrométer kalibrációja 5 különböző – ismert – tömegű ionnyaláb segítségével. A kép bal oldali részén a spektrométer felépítésének vázlata a detektorra érkező 5 nyalábbal, jobb oldalt pedig a detektor beütésszáma a hely függvényében.



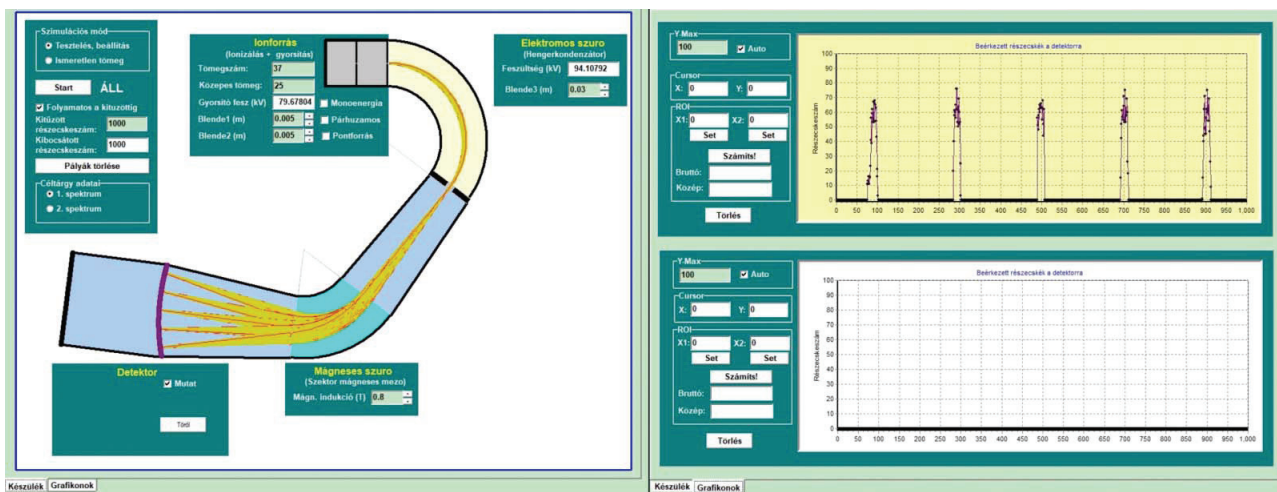
4. ábra. A kísérleti feladatot végzi egy versenyző a XXV. Országos Szilárd Leó Fizikaversenyen.

A feladat a spektrométer fókuszálási tulajdonságainak vizsgálata után az optimális beállítás, és a kalibráció elvégzése volt, majd egy „ismeretlen” összetételű ionnyalábban lévő tömegek értékeinek és a nyalábban lévő ionok koncentrációinak a meghatározása.

Az 5. ábra mutatja a spektrométer felépítését, és a kalibráció során kapható detektorspektrumot.

Értékelés – Tarján Péter írása alapján [4]

A szimulációs feladat megizzasztotta a versenyzőket. A feladatot senkinek sem sikerült tökéletesen (25 pont-ra) megoldani, de nagyon szép jegyzőkönyvek születtek. A Szenioroknál az átlagos pontszám és szórás $12,79 \pm 5,43$ volt, a Junioroknál ugyanez $11,50 \pm 4,14$. Meglepően kicsi különbség van a tapasztaltabb és a fiatalabb versenyzők átlagos pontszáma között. A Szenioroknál 2 versenyző ért el 21 pontot, a Junioroknál a legmagasabb pontszám 19 volt. A legtöbb pontot az ismeretlen összetételű nyaláb vizsgálatánál veszítették a





6. ábra. A számítógépes szimulációs feladatot végzi egy versenyző a XXV. Országos Szilárd Leó Fizikaverseny döntőjében.

versenyzők. Az e feladatra kapható maximális pontszám 8 volt, Szenior kategóriában átlagosan mindössze $2,05 \pm 2,53$, Junior kategóriában pedig $2,20 \pm 2,20$ pontot kaptak a versenyzők. Az alacsony pontszámok azt tükrözik, hogy egyrészt többen nem is jutottak el eddig a feladatig, másrészt pedig ez volt a legösszetettebb feladat. Azok között is, akik eljutottak idáig, helytelen detektorbeállítás vagy alacsony statisztika (kevés indított részecske) miatt nem mindenki találta meg az ismeretlen tömeg-összetételű nyaláb mind a három komponensét. A Szeniorok között egyetlen 8 pontos megoldás született és 2 versenyző ért el 6 pontot. A Juniorok legjobb versenyzője 7 pontot ért el, rajta kívül még ketten értek el 4 pontot.

A szimulációs program a verseny után felkerült a webre az Országos Szilárd Leó Fizikaversenyen használt korábbi szimulációs programok mellé: <https://sukjaro.hu/scs/letoltesek/oszlv-szimulaciok>

Koszorúzás

A verseny kísérleti és szimulációs fordulói után a résztvevők megkoszorúzták *Marx György*, az Országos Szilárd Leó Fizikaverseny alapítója emléktábláját az ESZI földszinti aulájában. Az emléktábla 2017-es felavatása óta ez a Pakson tartott Országos Szilárd Leó Fizikaversenyek állandó programja.

A verseny eredményei

A verseny ünnepélyes eredményhirdetését Pakson, az ESZI nagy előadótermében, a feladatmegoldások ismertetése után tartottuk.

2022-ben a következő diákok érték el a legjobb helyezéseket (a Szenior kategória második helyén holtverseny alakult ki).

Szenior kategória

I. helyezett

Toronyi András (75 pont), Baár-Madas Gimnázium, Budapest, tanára *Horváth Norbert*

II. helyezettek

Dóra Márton (68 pont), ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium és Kollégium, Budapest, tanára *Zsigri Ferenc*

Bóné Márton (68 pont), Piarista Gimnázium, Budapest, tanára *Chikán Éva*

Junior kategória

I. helyezett

Bencz Benedek (65 pont), Baár-Madas Gimnázium, Budapest, tanára *Horváth Norbert*

II. helyezett

Gulyás Kristóf (63 pont), SZTE Gyakorló Gimnázium és Általános Iskola, Szeged, tanára *Nagy Tibor*

III. helyezett

Klement Tamás (52 pont), Pécsi Leőwey Klára Gimnázium, Pécs, tanára *Simon Péter*

A verseny záró ülését és a díjátadást megtisztelte jelenlétével *Kovács Pál*, a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium helyettes államtitkára, *Kovács Antal*, a Paksi Atomerőmű Zrt. kommunikációs igazgatója, *Ormos*

7. ábra. Marx György emléktáblájának megkoszorúzása.



Pál akadémikus, az Eötvös Loránd Fizikai Társulat elnöke, valamint *Somfai Barbara*, a Magyar Nukleáris Társaság alelnöke. Jelen volt, díjakat adott át és hozzászólt még *Csajági Sándor*, a Szilárd Leó Tehetséggondozó Alapítvány elnöke, valamint *Csanádi Zoltán*, az Energetikai Technikum és Kollégium igazgatója.

A Junior kategória díjait Kovács Antal, a Szenior kategória díjait pedig Kovács Pál adta át. Mindkét kategória első három helyezettje a Szilárd Leó Tehetséggondozó Alapítvány pénzzutalmát és érmeit is kapta, melyeket Csajági Sándor nyújtott át a díjazottaknak.

Ebben az évben több *különdíj* átadására is sor került. Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat (ELFT) idén is egy-egy éves *Fizikai Szemle*-előfizetést ajánlott fel a két kategória első öt helyezettjének, melyeket Ormos Pál, az Eötvös Társulat elnöke adott át. A Magyar Nukleáris Társaság (MNT) könyvjutalmakat ajándékozott a versenyzőknek, valamint kedvezményes részvételi jegyeket az MNT által szervezett Nukleáris Szaktáborra a két kategória első három helyezettjének, amelyet Somfai Barbara, a Nukleáris Társaság alelnöke adott át.

Papp Gergely, a 2004. évi Országos Szilárd Leó Verseny ezüstérmese, jelenlegi versenybizottsági tag, saját alapítású különdíjakat (jutalomkönyveket) adott át hét versenyzőnek kiemelkedő teljesítményük elismeréseképpen.

A záróülésen a tanulói díjak, különdíjak és oklevelek átadása után került sor az idei *Szilárd Leó Tanári Delfin-díj* átadására, amelyet minden évben a tanárok

9. ábra. Zsigri Ferenc a Delfin-díjjal, és a budapesti ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium és Kollégium versenyzői a Marx György Vándordíjjal.



8. ábra. A verseny ünnepélyes eredményhirdetése.

pontversenyében legjobb eredményt elért felkészítő *tanárnak* ítél oda a versenybizottság. Ebben az évben a Delfin-díjat *Zsigri Ferenc*, az ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium és Kollégium (Budapest) tanára vehette át. A tanár úr már 2007-ben is kapott Delfin-díjat! Gratulálunk!

A *Marx György Vándordíjat* – amelyet minden évben a pontversenyben legkiválóbb eredményt elért *iskolának* ítél oda a Versenybizottság – idén az *ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium és Kollégium* (Budapest) nyerte el. Gratulálunk!

Köszönetnyilvánítások

Az ünnepélyes eredményhirdetésen Sükösd Csaba külön köszönetet mondott és oklevéllel ismerte el *Csapó János*, a paksi ESZI munkatársának munkáját, aki már a verseny kezdete óta fáradhatatlanul, nagy lelkesedéssel és sok kreatív ötlettel készíti el a verseny kísérleti fordulójában használt egyedi kísérleti eszközöket. Csanádi Zoltán, az ESZI igazgatója pedig külön oklevéllel köszönte meg *Birkás Józsefné*, az ESZI korábbi gazdasági ügyintézőjének munkáját, aki nyugdíjba vonulását követően is segíti a verseny gazdasági ügyeinek intézését.

Az ünnepélyes eredményhirdetés végén Sükösd Csaba, a Versenybizottság vezetője köszönetét fejezte ki a paksi Energetikai Technikumnak és Kollégiumnak a verseny döntőjének megrendezéséért, továbbá a versenyt támogató Miniszterelnökség Családokért felelős tárca nélküli miniszterének, az Emberi Erőforrás Támogatáskezelőnek, a Nemzeti Te-

hetségprogramnak, a Szilárd Leó Tehetséggondozó Alapítványnak, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Nukleáris Technikai Intézetének, a Magyar Nukleáris Társaságnak, az Eötvös Loránd Fizikai Társulatnak, a Paksi Atomerőmű Zrt.-nek, valamint minden támogatónak és különdíjat felajánló szervezetnek és személynek a verseny megrendezésében nyújtott segítségükért. Külön köszönet illeti a Versenybizottságot és mindazokat a helyi szervezőket és tanárkollégákat, akik lelkesen és fáradságot nem kímélve dolgoztak a verseny sikeréért.

Irodalom

1. M. Michélini, A. Stefanel: Approaches on T/L Quantum Physics from PER Literature. In: *Teaching-Learning Contemporary Physics*. (eds. B. Jarosievitz, Cs. Sükösd) Springer 2021. ISBN 978-3-030-78719-6
2. Tóth Kristóf: Modell kvantummechanika középiskolában. *Fizikai Szemle* 71/6 (2021) 209.
3. Tóth Kristóf: A kvantum-határozatlanság a kvantummechanika fénypolarizációs modelljében. *Fizikai Szemle* 71/10 (2021) 349.
4. *Országos Szilárd Leó Fizikaverseny 2017–2022. Feladatok és Megoldások*. Magyar Nukleáris Társaság (2022) 250 old. ISBN 978-615-01-5926-3 Letölthető: <https://szilardverseny.hu/cikkek/orzagos-szilard-leo-fizikaverseny-2017-2022>

TUDATOS MÓDSZERVÁLASZTÁS FIZIKAÓRÁN A TANULÓI HOZZÁÁLLÁSOK ALAPJÁN – EGY OKTATÁSI KÍSÉRLET TÜKRÉBEN

Pesthy Sándor Gergely,^{1,4} Miltner Tímea,^{1,3} Hömöstrei Mihály^{1,2}

¹ELTE TTK Fizikai Intézet

²Deutsche Schule Budapest

³Tömörkény István Gimnázium, Művészeti Szakgimnázium és Technikum

⁴ELTE Radnóti Miklós Gyakorlógimnázium

A fizika népszerűtlenségének problémája nem újdonság, bár a korábbi (kilencvenes évek-beli) kutatások némileg kedvezőbb képet mutattak ugyan [1, 2], de a negatív tendencia korán megfigyelhetővé vált. 2000-ben széleskörű attitűdvizsgálatok során [3, 4] kimutatták, hogy a fizika tantárgy népszerűsége alacsony. A

2010-es években folytatódott a negatív tendencia. Egy 2012-ben végzett kutatásban [5] a fizika harmadik helyre került a legkevésbé szeretett tantárgyak listáján, majd egy 2015-ös vizsgálat szerint pedig [6] a fizika a tanulók szerint a második legerősebben szorongáskeltő tantárgy. A 2017-es mérés [7] alapján az általános iskolákban és szakközépiskolákban a fizika a harmadik, a gimnáziumokban pedig az első legkevésbé kedvelt tantárgy a diákok körében.

Előadás a „Természettudományos oktatás útkeresése” szekcióban a 2022. évi Fizikus Vándorgyűlésen, Veszprémben, augusztus 22-én.

A szerzők köszönik *Jenei Péternek* a cikkhez fűzött értékes javaslatait, valamint *Pesthy Orsolyának* a statisztikai elemzésben nyújtott segítségét!

Az elmúlt években kidolgoztunk egy kérdőívet, amely segítségével a diákok fizika tantárggyal szembeni attitűdje mérhető. A 2021/22-es a tanévben lehetőség nyílt kipróbálni a kérdőívet egy szegedi gimnázium 142 kilencedik évfolyamos diákjával. A kitöltők közül 53 volt a fiú és 89 a lány.

A címben megfogalmazott témában folytatott kutatásunk célja képet adni arról, hogy a gyerekek miként látják a magyarországi fizikaoktatást. Ez alapján további lehetőségeket szeretnénk keresni, amelyeket a kutatás későbbi fázisában, az eredmények függvényében tudunk felvázolni.



Pesthy Sándor Gergely 2019 óta tanít fizikát és kémiát gimnáziumban. 2021-ben végezte el a fizika–kémia gimnáziumi tanári osztatlan képzést az ELTE TTK-n, majd ugyanabban az évben kezdte meg PhD képzését az ELTE TTK Fizika Doktori Iskolájának Fizika Tanítása Doktori Programjában Hömöstrei Mihály témavezetésével. Emellett a 2021/22-es tanévben Szegeden, majd ez év szeptemberétől a budapesti ELTE Radnóti Miklós Gyakorlógimnáziumban tanítja mindkét szakját.



Miltner Tímea tanulmányait a Szegedi Tudományegyetemen végezte, jelenleg a Szegedi Tömörkény István Gimnázium, Művészeti Szakgimnázium és Technikum fizika–matematika szakos tanára.



Hömöstrei Mihály 2006-ban végzett az ELTE fizikatanári szakán. 2014 óta a magyar IYPT csapat felkészítő csapatának tagja, 2016 óta az ELTE Anyagfizikai Tanszéken tanít szakdidaktikai tantárgyakat, 2018 óta a Budapesti Német Iskola fizikatanára. MOL Mester-M (2010) és Ericsson-díj (2020) birtokosa.