

tartalmaz egy elemi kvantumszámítógépet (egy két-qubites összefonó és egy egyqubites kvantumkaput, valamint egy kvantummechanikai mérést, aminek az egyik fajta eredményét fogadjuk el). Ilyen blokkokból építkezve és bemenetként azonosan preparált qubitek sokaságát választva azt találtuk, hogy a tiszta bemeneti és kimeneti qubitsokaság állapotának viszonya komplex kaotikus dinamikát követ [6]. Ez a viselkedés emlékeztet a klasszikus fizikában ismert determinisztikus káoszra, de a dinamikai transzformáció itt egy komplex számokon értelmezett kvadratikusan racionális függvény. Megjegyezzük, hogy ha nagyobb blokkokat választunk és két qubitből álló rendszereket tekintünk, akkor maga az összefonódás is kaotikusan fejlődhet [7].

A kvantuminformatica ideálisan zajmentes esetben működik. A zaj szerepének megértése ezért kulcsfontosságú kvantuminformaticai rendszerekben. A bemutatott esetek rávilágítanak arra, hogy a kezdeti feltételekre rendkívül érzékeny elrendezések zajos kezdeti állapotok esetén is megtarthatják jellegzetes fraktálulajdonságaikat egy kritikus zajmennyiségig. A másik itt tárgyalt példa ergodikus időfejlődést mutatott

tesztölegesen tiszta kezdőállapotra, amelyet azonban a legkisebb hozzákevert zaj is lerontott.

A napjainkban zajló gyors fejlődés egyre több qubitet feldolgozó kvantumszámítógépes platformot tesz elérhetővé. A jelenlegi kvantumprocesszorokkal már néhány lépésig a bemutatott protokoll is futtatható. Így akár a zaj szerepének jobb megértése céljából, akár hasznos protokollok részeként implementálhatjuk őket a jövőben.

#### Irodalom

1. Bechmann-Pasquinucci H. et al.: Non-linear quantum state transformation of spin-1/2. *Phys. Lett. A* 242 (1998) 198.
2. Milnor J. W.: *Dynamics in One Complex Variable*. Annals of Mathematical Studies, Princeton University Press (2006).
3. Gilyén A. et al.: Exponential Sensitivity and its Cost in Quantum Physics. *Sci. Rep.* 6 (2016) 20076.
4. Malachov M. et al.: Phase transition in iterated quantum protocols for noisy inputs. *Chaos* 29 (2019) 033107.
5. Kálmán O. et al.: Sensitivity to initial noise in measurement-induced nonlinear quantum dynamics. *J. Russ. Laser Res.* 39 (2018) 382–388.
6. Kiss T. et al.: Complex chaos in the conditional dynamics of qubits. *Phys. Rev. A* 74 (2006) 040301(R).
7. Kiss T. et al.: Measurement-Induced Chaos with Entangled States. *Phys. Rev. Lett.* 107 (2011) 100501.

## VÉLEMÉNYEK

# A FIZIKA TÖRTÉNETI MEGKÖZELÍTÉSÉNEK DIDAKTIKAI SZEMPONTJAI A FIZIKAÓRÁN

Szabó Róbert

ELTE Történelemtudományi Doktori Iskola és  
Petőfi Sándor Kiskőrösi Evangélikus Gimnázium,  
Szakgimnázium és Technikum

Véleményem szerint fontos belátni, hogy a hagyományos fizikaoktatás új és izgalmas megoldásokat igényel [1]. A minél több kísérletezés és demonstráció, az egyes fizikai problémák gyakorlati alkalmazásainak rögzítése, illetve az IKT-eszközök egyre hangsúlyosabb alkalmazása e célnak, a folyamatosan változó világ jelenlegi követelményeinek próbálnak megfelelni. A fizika, mint tantárgy megreformálásának további alternatíváját jelentheti a fizika történeti alapú megközelítése, vagy a történelmen keresztül történő szemlélete.

A szerző háláját tanúsítja *Tasnádi Péternek*, az ELTE TTK nyugalmazott egyetemi tanárának az írás témájában tett hasznos meglátásaiért.



Szabó Róbert az Eötvös Loránd Tudományegyetem Történelemtudományi Doktori Iskolájának első éves doktorandusza, valamint a Petőfi Sándor Kiskőrösi Evangélikus Gimnázium, Szakgimnázium és Technikum fizikatanára. Fizika szakmódszertan tekintetében másodéves egyetemista kora óta főként olyan témákban kutat, amelyekkel a fizika és történelem összekapcsolására törekszik, az elkészített tananyagokkal pedig a tanárszakos hallgatók, illetve kollégái munkáját segíti.

E felfogást előtérbe helyezve, írásomban a fizika történeti megközelítésével, a fizika történetének tanításával, didaktikai és pedagógiai elveivel kapcsolatos, hazánkban ezidáig megjelent értelmezéseket mutatom be. Cikkemben nem a fizikatörténeti műveket, vagy a fizika tanításának jelenlegi körülményeit, elvárásait kívánom bírálni, hanem olyan alternatív tanítási lehetőséget részletezek, amelyek – meglátásom szerint – a fizika tanításában lehet értelme vagy haszna.

Ehhez elsőként a fizikatörténet tanításával kapcsolatos körülményeket, illetve elvárásokat célszerű megvizsgálni, amelyet követően részleteiben is kifejtem a fizika történeti alapú megközelítésére vonatkozó két saját, önálló javaslatomat.

## A fizikatörténet jelenlegi követelményei

A fizikatörténet tanításának fontosságát a Nemzeti Alaptanterv (NAT) is kiemeli, s jelentőségét fokozza, hogy a fizika az egyetlen olyan tantárgy, amelynek érettségi követelményei között tételesen is jelen van a tudománytörténet [2]. A részletek áttekintése céljából a jelenleg elvárt követelményrendszer tükröző 2020-as NAT-ot érdemes megvizsgálni, amely átfogóan tartalmazza a fizika, mint tantárgy által előírt célkitűzéseket és a legfontosabb követelményeket a hetedik-től a tizedik évfolyamig bezárólag.

A NAT a fizikatörténetre vonatkozóan, egyrészt általánosan közli, hogy „a tantárgy céljai közt szerepel a fizika természettudományos és általános társadalmi kontextusának kibontása, mely leginkább a tudománytörténet érdekesebb fejezeteinek tanulmányozása révén válik lehetővé” [3]. Másrészt, a *Tanulási eredmények* cím alatt mind a 7–8., mind a 9–10. évfolyamokra vonatkozóan megállapítja, hogy általános cél, illetve követelmény „a fizikai ismeretek bővülése és a társadalmi-gazdasági folyamatok, történelmi események közötti kapcsolatok” felismerése. Évfolyamok közötti eltérést az elvárásokra vonatkozó konkrétumok kifejtésénél fedezhetünk fel. Ugyanis, az általános iskolai képzés vonatkozásában a NAT a fizikai ismeretek bővítésében a fizikatörténet gazdasági és társadalmi hatásainak fontosságára koncentrált: egyrészt híres fizikusok életének és tevékenységének megismerését írja elő, illetve az ő tevékenységük „társadalmi összefüggéseit” kéri számon, másrészt a fizikai kutatás által megalapozott technikai fejlődés egyes fejezeteinek a társadalomra, illetve történelemre gyakorolt hatásának ismeretét várja el. (Ugyanakkor, nem konkretizálja, hogy mely tudósokra gondol, csak néhány példát említ *Isaac Newton*, *Arkhimédész*, *Galileo Galilei* és *Jedlik Ányos* személyében.) A középiskolai követelményekre vonatkozó előírás az általános iskolaival szemben már konkrét példák esetében várja el, hogy a tanuló képes legyen felismerni a kapcsolatot a fizikai tudásrendszer bővülése és a vele párhuzamosan zajló gazdasági-társadalmi folyamatok, illetve történelmi események között. Emellett előírja, hogy a tanulók képesek legyenek adatokat gyűjteni és feldolgozni 11 híres fizikus – név szerint *Galileo Galilei*, *Michael Faraday*, *James Watt*, *Eötvös Loránd*, *Marie Curie*, *Ernest Rutherford*, *Niels Bohr*, *Albert Einstein*, *Szilárd Leó*, *Wigner Jenő*, *Teller Ede*<sup>1</sup> – életével, tevékenységével, eredményeiknek gazdasági és társadalmi, valamint emberi hatásával kapcsolatban [3].

## A fizika fizikatörténeti alapú megközelítésének jelentősége

Az alább részletezett szempontok alapján megállapítható, hogy a fizikatörténet tanításának hasznosságával kapcsolatban a kérdéskörre vonatkozó vélemények

<sup>1</sup>Az persze már egy másik kérdés, hogy miért éppen ezen tudósról kell bővebb ismeretekkel rendelkezniük a tanulóknak.

egybehangzóan egyetértők. Ugyanakkor meglepő, hogy a fizikatörténet jelentőségének indoklásakor e vélemények alapvetően különböznek, s egymástól eltérő álláspontok sorakoztathatók fel.

Mindenekelőtt említve *Simonyi Károly* (1916–2001) professzort, mérnököt, fizikust – és a fizika történetének talán legnagyobb hazai ismerőjét –, az 1978-as megjelenés óta öt kiadást is megért *A fizika kultúrtörténete* című művében azt emelte ki, hogy a fizika történetének ismertetésével általánosságban tehetjük érdekessé, élményszerűvé a fizika tanítását, amely akár „életideálokat”, „magatartásmintákat” is adhat [4].

*Radnai Gyula*, az ELTE TTK nyugalmazott docense szerint a fizika történeti megközelítésének értéke, hogy segítségével a pedagógus a fizikai fogalmak fejlődését kronologikus úton keresztül tárgyalhatja. Ugyanakkor a tudósok egyéni sorsának megismerésével a régmúlt tudományos gondolkodásának társadalmi viszonyai is megismerhetők, amelyek esetenként kölcsönhatásban lehetnek a tudományok fejlődésével vagy éppen visszafejlődésével. Emellett a fizikatörténet nem csak a tudományos fejlődés sikereit, hanem kudarcait is felidéz, bátorítva a tanulókat arra a magatartásra, hogy saját kudarcaikkal, illetve tanáraik tévedéseivel szemben legyenek megértőbbek és elfogadóbbak, hiszen számos példa akadt arra, hogy egy-egy tudós csak sokadszori kísérletezés után tudott helyes eredményre vagy következtetésre jutni [5].

*Radnóti Katalin*, az ELTE TTK főiskolai docsenek álláspontja szerint a fizikatörténet hasznossága abban rejlik, hogy a gyermeki – főként téves – elképzelések<sup>2</sup> szinte pontosan követik a mára már csak legfeljebb érdekesnek, ám tudományos szempontból mindenképp túlhaladottnak, elavultnak tekinthető elméleteket, amely hibás hipotéziseket a megfelelő tudás ismeretében könnyebben cáfolhatjuk meg [2].

*Zemplén Gábor*, a BME GTK Filozófia és Tudománytörténeti Tanszékének egyetemi tanára azt emeli ki, hogy a fizika tanításában előfordulhatnak olyan, nehezebben vagy csupán több időráfordítással elsajátítható témakörök vagy problémák, amelyek sikereesebb, hatékonyabb tanításakor a pedagógusok is tanácstalanok. Ezért lehet érdemes például a fizika történetet valamiképpen integrálni a tanórán [6].

Én magam – habár frissen végzett, fizika-történelem tanárszakos hallgatóként még éppen hogy csak ismerkedem a fizikatörténet tanításának módszertanával – korábbi tudományos diákköri (TDK) dolgozataimban, illetve megjelent publikációimban elsősorban azt emeltem ki, hogy a tudománytörténeti s így fizikatörténeti témák kidolgozásával, iskolai megtanításával a természettudományok felé kevésbé orientálódó diákok figyelmét is leköthetjük, nagyobb érdeklődésre sarkallhatjuk őket [7].

<sup>2</sup>A teljesség igénye nélkül említhető erre néhány példa, mint *Arisztotelész* mozgással kapcsolatos szemlélete, a hó mint mennyiség értelmezése stb. [2].

## A fizikatörténet tanításának jelen helyzete

Nem csak a saját, a kollégákkal – s így gyakorló tanárokkal, illetve frissen végzett tanárszakos hallgatókkal – folytatott eszmecsereim igazolják, hanem véleményem szerint általános tapasztalat, hogy a pedagógusok elhanyagolják a fizika tanításában a történeti megközelítést, legalábbis ódzkodnak tőle. Felmerül a kérdés, hogy ennek mi lehet az oka, hiszen az előzőekben láttuk, hogy a fizikatörténet tanításának jelentőségét az említett vélemények egybehangzóan kiemelik.

Szerintem a legadekvátabb válaszra Zemplén Gábor mutat rá már idézett tanulmányában. Itt ugyanis a szerző kifejti, hogy a hiba két oka a tanárok gondolkodásában, illetve azok ismeretanyagában (legalábbis képzésében) érhető tetten. Egyrészt, legtöbbször talán úgy gondolkodik, hogy a tudománytörténeti vagy filozófiai diszciplína a fizikaórákon csak úgy jelenhet meg, mint ami nem a konkrét tananyag MELLETT, hanem HELYETT bukkan fel! Ez azt jelenti, hogy a pedagógusok egy része talán úgy gondolkodik, hogy a törzsanyag megtanításába beillesztett életrajzok vagy kitekintések tárgyalása után vissza kell térni a „komolyabb” tananyaghoz. Másrészt, a fizikatanárok (sőt a fizikával foglalkozó egyetemi oktatók, szaklapírók) gyakran nincsenek birtokában azon ismeretanyagoknak, amely lehetővé tenné számukra, hogy szakterületük ismereteit az említett diszciplínák valamelyikével kiegészítsék, hiszen erre senki sem képezte vagy készítette fel őket, miközben az esetleges önálló ismeretszerzésre sem idejük, sem lehetőségük nincs. Vagyis, ahhoz, hogy tudománytörténeti megközelítést használjanak, igényük lehet már kidolgozott fizikatörténeti segédanyagokra, esetleg feladatgyűjteményekre vagy tankönyvekre.

## A fizikatörténet tanításának módszertani kérdései

Éppen az előbb említett problémából, vagyis a fizikatörténet gyakorlati alkalmazásának hiányából adódik, hogy a fizika történetének tanítására itthon még nem rendelkezünk kiforrott módszertannal, inkább csak ötletekkel. A következőkben két fő gondolat köré csoportosítva néhány ilyen lehetőséget mutatok be.

Az alkalmazás egyik lehetősége a fizikatörténet emberarcúságának kiemelésében rejlik. Zemplén Gábor mutat rá, hogy tudománytörténeti elemekkel tudatosan építhetünk – a tudás emberi dimenziójának és keletkezéstörténetének ismeretében, azaz felhasználva a tudomány „emberi arcát” – különböző motivációs gyakorlatokat, érzelmi konfliktusokat, sőt akár dramaturgiai játékokat is, amellyel serkenteni lehetne a tanulási folyamatot [6]. Kovács László nyugalmazott főiskolai tanár, fizikatörténész egyetért ezzel az állásponttal és kiemeli, hogy a fizikatörténet tanításának szerepe nem abban rejlik, hogy évszámok vagy nevek halmazát, esetleg ezek éppen releváns kombinációját

megtanítjuk, hanem, hogy magáról a fizikusról, illetve a felfedezés körülményeiről beszélünk. Az emberarcúság segíthet, hiszen az ember iránt könnyebb lehet felkelteni az érdeklődést, amelyet követően az már könnyen átvihető a vizsgált fizikai jelenségre vagy eszközre [8]. Simonyi Károly szerint, ha a hangsúlyt a nagy tudósok tevékenységére helyezzük, akkor a fizika fejlődésének folyamatát a „nagy egyéniségek nagy gondolatainak” megismerésével érthetjük meg. Ez lényegében azt jelenti, hogy megtanítjuk, hogy a fizika nagy törvényeit ki és mikor fedezte fel, esetleg ki kivel vetekszik az érdem elsőségéért, azaz merre felé hajlik el a „prioritásvita” [4]. Legfrissebb írásában Radnóti Katalin mindezt azzal egészíti ki, hogy érdemes egy felfedezés „életútjára” koncentrálni, azaz előtérbe helyezni a korabeli tudományos álláspontot és megismerési módszereket, hogy megvilágítsuk egy-egy tudós lehetséges kutatási kérdéseit, vizsgálódásának menetét [9].

Az alkalmazás másik lehetősége a fizikatörténetet formáló nagy kísérletek iskolai keretekben történő bemutatása vagy megépítése. Kovács László a már idézett tanulmányában fejti ki, hogy a tanulók általában szeretik a régi, híres kísérleteket, illetve előszeretettel építenek meg újra vagy javítanak működőképesre ilyen régi eszközöket. E célból a tanár elemezheti a kísérleti eszköz vázlatos rajzát, megmutathatja a berendezés eredeti fényképét vagy leírását, illetve az egykori méréseket reprezentálhatja a régi kísérleti berendezés korhű másolatának elkészítésével, megszerkesztésével is [8]. E módszertani lehetőséget követve, egy korábbi cikkemben régi középiskolám, a *Kalocsai Szent István Gimnázium* (korabeli nevén a *Kalocsai Érseki Főgimnázium*) röntgenlaboratóriumát, annak működésének alapját és alkalmazásának módját vettem górcső alá. Írásom bevezetőjében kifejtettem, hogy középiskolai fizikatanárként munkánk jelentős részét a fizikaszertárban vagy fizikalaboratóriumban töltjük a tanórai kísérletekre való felkészülés céljából, miközben lépten-nyomon olyan, esetenként nagyon régóta nem használt eszközökbe, berendezésekbe botlunk, amelyeket nemhogy használni nem tudunk, de rendeltetésük céljával sem vagyunk tisztában. A szertár 20., sőt 19. századi felszerelésének megismerése azonban három ok miatt is fontos. Egyrészt rendelkezésre állhat olyan eszköz, amely napjaink egy-egy új, drágán beszerezhető darabját is pótolhatja; másrészt alkalmazásukkal testközelben tudunk beszélni azokról a témákról, amelyek jelenünkben más, önálló tudományág (például orvostudomány) részeivé váltak, így az iskolában már demonstrációs célokból sem tanítjuk őket. Végül, a szükséges eszközök beszerzésével lehetővé válna, hogy írásom alapján a laboratóriumot újra megépítsük, sőt akár oktatási célra is alkalmazzuk [7].

Simonyi szerint a fizikatörténet ilyen szempontú tanítása azonban nem alkalmas az oktatásban a felfedeztető tanulásra, hiszen a diákok elé téve a régi tudósok által szerkesztett, az oktatásban azonban rendkívüli módon leegyszerűsített eszközöket, hamis hitet

ébreszthetünk a tanulóknban. Ezáltal úgy tűnhet, hogy a kísérletek eszközeinek megkonstruálása és azok végrehajtása könnyű, bárki számára elvégezhető feladat, hamisan állítva be a tudósok nagyszerű eredményeit. Ezért Simonyi szerint „csak a történelmi szemlélet mutathat rá, hogy tulajdonképpen miben volt a felfedezés döntő lépése, amelyekhez zsenialitásra és igen sokszor nem mindennapos emberi bátorságra volt szükség” [4]. Eszerint tehát tanulság, hogy a régi, szemléletformáló kísérletek alkalmazása vagy bemutatása csak akkor érheti el az általunk megkívánt eredményt, ha ahhoz elméleti szemléltetés is társul.

## Saját vélemény, mint egy lehetséges megoldás

Saját álláspontom szerint a fizika történeti alapú megközelítésének lehetőségei nem merülnek ki pusztán az említett ötletek iskolai tanórán történő alkalmazásában. Véleményem kifejtésére a következőkben két, az eddigiekben nem említett lehetőséget vázolok fel, semmiképpen sem követendő előírásaként, hanem csupán egy lehetséges megoldás gyanánt.

Egyrészt fontosnak vélem, hogy fordítsuk meg a fizika történeti alapú megközelítésének kérdését! Érdemes lehet ugyanis a történelemben előforduló, főleg technikai vonatkozású történeti eszközöket vagy történelmi eseményeket a fizika szemüvegén keresztül vizsgálni, azaz működésük, alkalmazásuk megmagyarázásához a természettudományok segítségét hívni. A releváns témák széles választékából néhány elemre már felhívtam a figyelmet korábbi írásaimban. A teljesség igénye nélkül említhető meg például az ókori Egyiptom múmiáinak radiokarbon kormeghatározása, az atombomba fizikája és annak történeti háttere, sőt akár a jövő tudományát érintő drónok technológiája is. Az első világháború, és azon belül a Párizs-ágyú néven elhíresült monstrum fizikájával kapcsolatban megjelent cikkem a háborúk fizikájának ismeretére koncentrált, s kiemeli, hogy a háborúk harceszközzeit évezredek óta a fizika tudománya és a mérnöki technika támogatta, ebből adódóan pedig a múlt hadieseményeit áttekintve nem hagyhatjuk figyelmen kívül azok tudományos hátterét sem [1]. Az oktatás számára talán ez, a „történelem fizikájának” [10] vizsgálata jelenthet egyfajta újdonságot, amelyre ezideáig még kevés példa akadt. Éppen ezért javaslom minél több történelmi téma vagy esemény fizika felhasználásának segítségével történő kidolgozását, s ebből akár segédanyagok, vagy önálló tananyagok, óravázlatok elkészítését. Álláspontom igazolására Simonyi Károly gondolataira hivatkozom, aki szerint a fizika nem csupán természettudományi, hanem társadalmi jelenség, amelynek fejlődése összefügg a társadalmi jelenségek összességével. Teljes megértéséhez ismernünk kell többek között a technika történelmi fejlődését, illetve magával a történelemmel való kapcsolatát is [4].

Álláspontom másik elemét a történeti alapú megközelítés fizikatörténeti, de sokkal inkább a történelmi kontextusba ágyazott fizikafeladatokon keresztül való

láttatása adja. Kétségtelen tény ugyanis, hogy a feladatmegoldás a mai fizikatanítási gyakorlatban alapvető szerepet játszik, amelynek elsődleges oka, hogy a természettudományok ismeretrendszerét elsősorban feladatmegoldáson keresztül lehet megtanulni. Nem mindegy azonban, hogy milyen e feladatok megszervezése, mi a megoldandó probléma kontextusa, illetve, hogy mi a célunk a megoldott feladat végeredményével. Egyrészt, mivel jelenünkben egyre hangsúlyosabbá válik az a trend, hogy a feladatmegoldás (is) a gyakorlati élet kérdéseire kérdezzen rá, a fizikatörténeti és történelmi események integrálása segítségével ezt éppen elősegítjük, hiszen a múlt példáin keresztül lehetőséget nyújtunk a számolás gyakorlati jelentőségének érzékeltetésére, illetve a saját korában nagyon is jelentős kvantitatív vagy kvalitatív eredmények értékelésére. Példának okáért, nem azt kérdezzük meg a tanulóktól problémamegoldás céljából, hogy mi a közegellenállási erő képlete, hanem, hogy miként lehet az, hogy az ejtőernyősök a zuhanás során nem törik össze magukat, illetve, ha már a történelmi kontextusnál tartunk, akár azt is megkérdezhettünk, hogy a második világháború úgynevezett Merkúr-hadműveletében (Kréta német megszállása 1941-ben) milyen sebességgel érkeztek földre a zuhanó ejtőernyősök, ha az ismert körülményeket (felszerelés tömege, ugrási magasság stb.) is figyelembe vesszük? Másrészt, véleményem szerint mai elvárás az is, hogy a sokszor „lélektelen és végtelen”, matematikai algoritmusok gyakoroltatása (mai terminológiával élve „behelyettesítő példák”) helyett – amely példának gyakran jellemzője a minél tömörebb megfogalmazás és a felesleges számadatok elkerülése – az adott fizikatörténeti vagy történeti esemény körülményeinek bemutatásával a feladatok hosszabb, izgalmasabb szöveggörnyezetet nyernek. A jelenünkben már ugyancsak elvárásnak tekinthető trend legfontosabb előnye, hogy nem csupán feladatmegoldásra sarkallja a tanulókat, hanem a változatos, mégis átfogó és komplex problémamegoldásra is, hiszen a tanuló feladata ebben az esetben a feladat szöveggörnyezetének értelmezése és megértése, a probléma kvantitatív megoldása, majd a megoldás kvalitatív elemzése, realitásának ellenőrzése is [11]. Másik javaslatom tehát az a fizikatanárok előtt álló feladat, hogy olyan feladatokat készítsünk tanulóink számára, amellyel a problémamegoldás előzőkben kiemelt két céljának is eleget teszünk. Ennek igyekszem megfelelni abban az általam készített, történeti alapú megközelítésű példatár első részében, amely a mechanika témakörébe tartozó, fizikatörténeti kísérletekkel vagy felfedezésekkel, illetve az általam választott történelmi eseményekkel foglalkozik [12].

## Diszkusszió

Gondolataim összegzéseként két fontos megállapítást kívánok tenni. Egyrészt, szükségesnek érzem hangsúlyozni, hogy a fizika tanításában rejlt új szerű lehető-

ségek közül a fizikátörténet alkalmazása, illetve a fizika történeti alapú megközelítése csak egy javaslat a sok közül, ám semmiképpen sem egy mindenáron követendő példa. Másrészt, két javaslatomra reflektálva kívánom ismét kiemelni, hogy a gyakorlati alkalmazásra vonatkozóan nem rendelkezünk kiforrott „etalonnal”, ezért megkockáztatom kijelenteni, hogy annak módszertana és eredményessége csakis az azt kipróbáló bátor fizikatanár kreativitásától függ.

## Irodalom

1. Szabó Róbert: Történelmi szimuláció: a távolsági ágyúzás fizikája. *Fizikai Szemle* 68/2 (2018) 60–64.
2. Radnóti Katalin: Óráról órára. *Fizikaórák megjegyzésekkel ellátva. Hallgatói segédlet a fizikatanítási gyakorlatokhoz*. Szegedi Tudományegyetem Bölcsészettudományi Kar Neveléstudományi Intézet és MTA–SZTE Természettudomány Tanítása Kutatócsoport, Szeged (2017) 13–156.
3. Fizika NAT 2020. *Magyar Közöny*, 2020/17 382–388.
4. Simonyi Károly: *A fizika kultúrtörténete a kezdetektől a huszadik század végéig*. Akadémiai Kiadó, Budapest (2011) 17–33.
5. Radnai Gyula: Rezgések és hullámok VII. Az elektromágneses hullámok tanításáról. *Fizikai Szemle* 30/7 (1980) 258–266.
6. Zemplén Gábor: Mi a haszna a természettudományos tárgyak oktatásában a tudománytörténet és a tudományfilozófia diszciplínáinak? *Iskolakultúra* 20/10–11 (2011) 56–61.
7. Szabó Róbert: A Kalocsai Érseki Főgimnázium röntgenlaboratóriuma és első világháborús szerepvállalása. *Fizikai Szemle* 69/3 (2019) 102–107.
8. Kovács László: A fizikátörténet szerepe a fizikatanításban. *Iskolakultúra* 6/5 (1996) 52–56.
9. Radnóti Katalin: A fizikaoktatás kálváriája a rendszerváltás óta. *Fizikai Szemle* 70/7–8 (2020) 265–272.
10. Szabó Róbert: *Pályán az ágyúgolyó*. Tudományos diákköri dolgozat, ELTE TTK (2016) 3.
11. Radnóti Katalin, Nahalka István, Poór István, Wagner Éva: *A fizikatanítás pedagógiája*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest (2002) 180–198.
12. Szabó Róbert: *Történelmi fizika példatár. I. kötet. Mechanika*. Internetes segédanyag (2020). Online elérhetőség: <http://fiztan.phd.elte.hu/kozincskinc/learning/index.html>

## A FIZIKA TANÍTÁSA

# FELHŐBEN AZ EGÉSZSÉGÜNK

Ujvári Balázs – Debreceni Egyetem

Borbélyné Bacsó Viktória – Medgyessy Ferenc Gimnázium, Művészeti Szakgimnázium és Technikum, Debrecen

Pirint Róbert Olivér – Ady Endre Gimnázium, Debrecen

Szabó Dániel Dénes – Medgyessy Ferenc Gimnázium, Művészeti Szakgimnázium és Technikum, Debrecen

*Az elmúlt tanévben a COVID 19 járvány miatt számos tanulmányi verseny elmaradt vagy online módon fejeződött be. A Debreceni Egyetem Fizikai Innovációs Kutatóműhelyében a digitális munkarend bevezetésével sem állt meg a munka, a tanulók kutató mentoraiuk irányításával otthon is folytathatták a méréseket. A töretlen munka eredménye a TUDOK-on is megmutatkozott.*



A 2019/2020-as tanévben a Debreceni Egyetem Fizikai Innovációs Kutatóműhelyében 14 témakörben végeztek kutatást középiskolás tanulók. Az egye-

A kutatás anyagi háttérét az NTP-MTTD-19 pályázat biztosította.



Ujvári Balázs fizikus, a Debreceni Egyetem adjunktusa, a helyi középiskolákkal közösen létrehozott Debreceni Egyetem Fizikai Innovációs Kutatóműhelyének mentora.

tem és a középiskolák együttműködésének köszönhetően a TUDOK-on (Tudományos Diákkörök XX. Kárpat-medencei Konferenciáján) a kutatóműhely két diákja, Szabó Dániel Dénes 11. osztályos és Pirint Róbert Olivér 10. osztályos tanuló „Nagydíj”-as lett.

*Felhőben az egészségünk* című pályázatuk lényege egy olyan hálózat kiépítése és működtetése, amely városi környezetben célozza meg az egészségünket is befolyásoló paraméterek (por, hőmérséklet, páratartalom...) mérését, illetve a mért adatok elemzésével előjelzést próbál adni a por- és a CO<sub>2</sub>-koncentráció változására.

A tanulók – a vásárolt szenzorokból összerakott tennyerényi méretű, hordozható mérőberendezéseiket a



Borbélyné Bacsó Viktória a Medgyessy Ferenc Gimnázium, Művészeti Szakgimnázium és Technikum fizikatanára, a Debreceni Egyetem Fizikai Innovációs Kutatóműhelyének koordinátora.