

Szélpál Szilveszter¹ – Kopasz Katalin²¹ Szegedi Tudományegyetem Gyakorló Gimnázium és Általános Iskola² Szegedi Tudományegyetem Gyakorló Gimnázium és Általános Iskola
Szegedi Tudományegyetem TTIK Optikai és Kvantumelektronikai Tanszék

A kutatásalapú tanulás alkalmazása a tehetséggyondozásban

A fizika tantárgy általános elutasítottága, a megtanulandó tananyag érthetlensége, a fejleszteni kívánt gondolkodás háttérbe szorulása hosszú évek óta ismert tények (Papp és Józsa, 2000; Csapó, 2002, 2004, 147–174. o.; Radnóti, 2002). Az régóta nem kérdés, hogy meg kell újítani a tantárgy tanítását, arról azonban megoszlanak a vélemények, hogy hogyan. Ezt az állítást támasztják alá a megszületett kerettantervek is. Holott a probléma gyökere talán nem is az, hogy mit tanítunk fizikából, hanem az, hogy hogyan, mekkora csoportlétszámmal dolgozva és mennyi idő alatt mekkora mennyiségű tananyagot szeretnénk a diákok fejébe tömni.

A fizikatanítás megújulásának egyik lehetősége a kutatásalapú tanulás (IBL) alkalmazása. Ez jelenthet olyan tanítási technikát, amely megengedi a tanulóknak, hogy maguk fedezzék fel a tudományos ismereteket (Nagy L.-né, 2010). A magyar természettudományos oktatástól nem idegen a felfedezettő tanítás, a tanulókísérleti órák régebben is lehetővé tették, hogy a diákok önállóan ismerjenek meg összefüggéseket, törvényszerűségeket. Amikor egy-egy kivételes alkalommal sikerül egy „normál” tantervű osztályban tanulói mérési gyakorlatot végezni, megtapasztalható, mennyire megváltozik a diákok viszonya a tantárgyhoz, és joggal tesz fel a kérdést: „Miért nem lehet minden órát így megtartani?”

A válasz sajnos nagyon lehangoló: már korábban, a kevésbé feszített tanterv, kisebb osztálylétszámok és a kísérletes tárgyakat tanító tanárok órakedvezménye mellett is nagyon nehezen volt megoldható, hogy lehessen ilyen órákat tartani, ma pedig szinte lehetetlen. Kivételt képeznek a speciális tantervű csoportok és az éppen aktuális projektekben részt vevő csoportok. Hogy mit tehetünk mégis? Tanulmányunkban az e téren végzett tevékenységeink tapasztalatait gyűjtöttük össze.

Kutatás a laborfoglalkozásokon

Fizikaórákon a kutatásalapú tanulásnak egy igen speciális módja jelenhet meg: az irányított kutatás. Ez a munkaforma nem idegen a hazai természettudományos oktatástól, sok rokon jegyet mutat a feladatlapok segítségével végzett tanulói mérőkísérletekkel. Ilyenek elvégzésére is nagyon kevés idő és lehetőség adódik a mai természettudományos oktatási gyakorlatban. Természetesen azért törekedni kell arra, hogy találjunk módot a megvalósítására.

Jó lehetőséget nyújt saját tanulóink és a partneriskolák számára a Szegedi Regionális Természettudományos Diáklaboratórium (SzeReTeD-labor), ahol kisebb csoportokban, korszerű körülmények között tudnak dolgozni a diákok. Egy-egy laboratóriumi foglalkozás megtartása sok szervezőmunkát igényel a partneriskolák pedagógusaitól, de a szerzett pozitív tapasztalatok megerősítik őket abban, hogy érdemes energiát fektetniük az előkészítésbe. A laborban feladatlappal támogatott, irányított kutatást végeznek a diákok. Azt, hogy ez mennyiben valósul meg, jelentős mértékben meghatározzák a diákok előismeretei, tapasztalatai. Azokban a csoportokban, ahol a foglalkozást vezető tanárok nagyobb szabadságot engednek a tanulói munkának, a diákok ötletei, kérdései gyakran olyan vonatkozásokat is felvetnek egy-egy téma feldolgozásánál, amire az adott tananyagegység készítői sem gondoltak.

A laborban tartott foglalkozásokon és szakkörökön is bebizonyosodott, hogy a kutatásalapú tanuláshoz hozzá kell szokniuk a diákoknak. Ugyanakkor az általános iskolás korosztály számára is elegendő néhány kísérletező, vizsgálódó óra ahhoz, hogy merjenek önállóan ötleteket megfogalmazni, hipotéziseket felállítani, majd önállóan elvégezni egyes kísérleteket. Hasonló jelenséget tapasztaltunk akkor is, amikor olyan középiskolás diákok vettek részt kutatásalapú foglalkozáson, akik előtte mérési gyakorlatokon csak részletesen előíró feladatsorral találkoztak. Ebben az esetben az önálló tervezés legnehezebb lépése az ötletek közötti céltudatos szelektálás volt.

A tanulói kutatások igen fontos és hasznos eleme a kérdésfeltevés. Különböző típusú és szintű tanári és tanulói kérdések segíthetik a kutatást, vizsgálódást (Veres, 2010). Amikor a tanulóknak kell kérdéseket megfogalmazniuk egy adott problémával kapcsolatban, akkor nem csak a problémán kell gondolkodniuk, a háttértudásukat és a szakmai nyelvet is alkalmazniuk kell. Egy-egy kérdés megfogalmazása (vagy a megfogalmazás sikertelensége) visszajelzést nyújt a tanárnak a szükséges előismeretek meglétéről is. Gyakori tapasztalat az is, hogy amikor megszületik a jól megfogalmazott tanulói kérdés, akkor már sikerül annyira átgondolni a problémát, hogy a kérdés feltevője megfogalmazza a választ is, vagy azt, hogyan lehetne választ kapni a kérdésre. A kérdésfeltevést ösztönző foglalkozások segíthetnek a természettudományos gondolkodás problémaelemző módszerének elsajátításában is.

Tanulói kutatómunka a tehetséggondozó szakkörökön

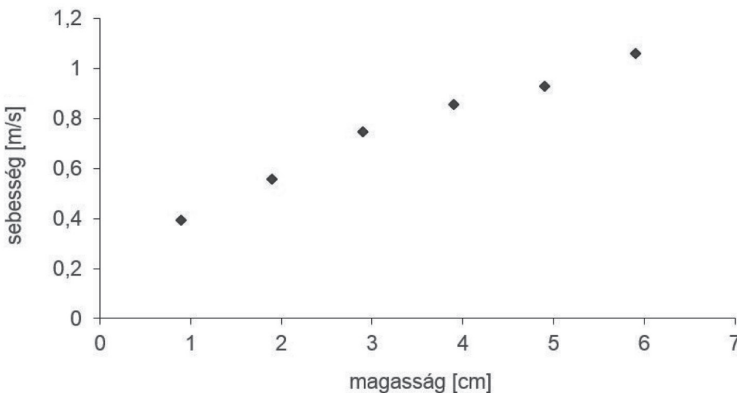
Tanítási gyakorlatunkban a kutatásalapú tanulás módszerét leginkább a tehetséggondozásban tudjuk alkalmazni. Az elmúlt években egyre több olyan pályázat jelent meg, amely nem egy konkrét feladat vagy feladatsor megoldását várja el az érdeklődő diákoktól, hanem önálló kutató- vagy fejlesztőmunkát. Ilyenek például a Szegedi Tudományegyetem Természettudományi és Informatikai Karának Kutatóiskola Pályázata, a Magyar Innovációs Szövetség tehetségkutató versenyei, a Kutató Diákok Mozgalma vagy a National Instruments cég pályázatai. Az ezeken a pályázatokon induló diákok motiváltak, valamilyen számukra teljesen új témában végeznek valódi kutatómunkát. Az SZTE Gyakorló Gimnázium és Általános Iskola munkájában fontos szerepet kap a tehetséggondozásnak ez a módja is.

Iskolai gyakorlatunkban évek óta jelen van a számítógéppel (és okostelefonnal) segített fizikai mérések kutatása. Ezen az interdiszciplináris területen a diákok informatikai és fizikai ismereteiket egyaránt fejlesztik. Fontos megjegyezni, hogy bár ezen munka közben látszólag egyáltalán nem foglalkoznak a diákok az előírt tananyaggal, valójában folyamatosan előkerülnek a tantervekben előírt anyagrészek is, csak nem a megszokott sorrendben és kontextusban. A gyakorlatban szakköri foglalkozások keretében tudjuk támogatni a diákok kutatásait. Az akkor még SZTE Ságvári Endre Gyakorlógimnázium-

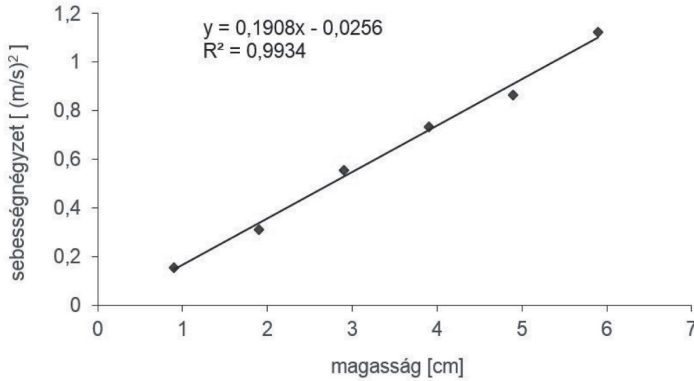
ban tettük meg az első lépéseket a számítógépes mérések saját fejlesztésű eszközeinek kifejlesztésében (Kopasz, Gingl, Makra és Papp, 2008; Kopasz, Makra és Gingl, 2011). Egyetemünk Zaj- és Nemlinearitás Kutatócsoportjával együttműködve készültek el azok a kísérleti eszközök, melyek lehetővé tették, hogy a szakköreinken részt vevő diákok számára elegendő számú mérőrendszert tudjunk biztosítani az önálló munkához.¹ A 2009–2010-es tanév volt az első, amikor virtuális mérés technika szakkört tartottunk a gimnáziumban.

Az első időszak ezeken a foglalkozásokon azzal telik el, hogy megismertetjük a diákokkal a számítógépes mérések fizikai alapjait. Fontos, hogy tudatosan tudják használni az eszközöket, tisztában legyenek lehetőségeikkel és korlátaikkal. Az egyes kísérletekhez kapcsolódó mérések és az adatok feldolgozása során a diákok az egyetemi kutatócsoport által készített mérőprogramon túl táblázatkezelő és grafikonkészítő programot is használnak, így fejlődik az informatikai tudás alkalmazása is.

A számítógépes mérőprogramhoz illesztett szenzorok megismerésével párhuzamosan kísérleteket tervezhetnek és végezhetnek a diákok. Az egyes szenzorok megismerése után valójában olyan méréseket végeznek el, amelyek kapcsolódnak a középiskolai fizika tananyagához, csak általában nem abban a sorrendben és nem abban a tanévben, amikor a tantervek előírják az adott fejezet tárgyalását. A tanulói kreativitás egyik legszebb példája volt, amikor olyan kilencedikes diákoknak adtuk a kezébe a matematikai ingát, akik nem tanultak még a mozgásáról, nem voltak még „megfertözve” a periodikus mozgás, periódusidő fogalmakkal. Nekik az jutott eszükbe, hogy ha meg tudják határozni, milyen magasról indítják az ingát, és az alsó ponton egy fotokapu segítségével mérni lehet az ingatest sebességét is, akkor igazolni tudják a lendületmegmaradás törvényét. Mivel a két mért mennyiség egymással nem egyenes, hanem négyzetes arányban áll, még a linearizálást is elvégezték, hogy sejtésüket pontosabban támasszák alá (1. és 2. ábra).



1. ábra. Tanulói mérés eredménye: matematikai inga ingatestének sebessége a pálya legalsó pontján az indítási magasság függvényében

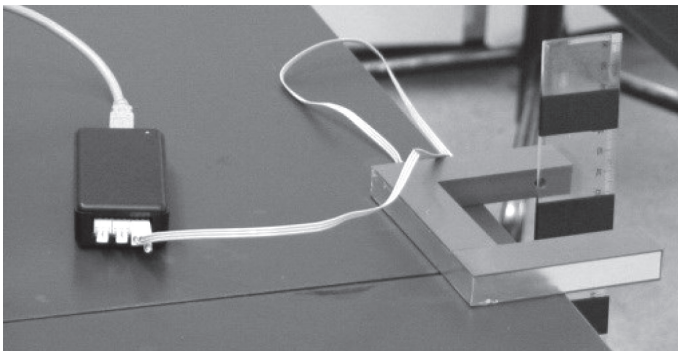


2. ábra. Tanulói mérés eredménye: matematikai inga ingatestének sebessége a pálya legalsó pontján az indítási magasság függvényében: a megsejtett összefüggés igazolásához végzett linearizálás eredménye

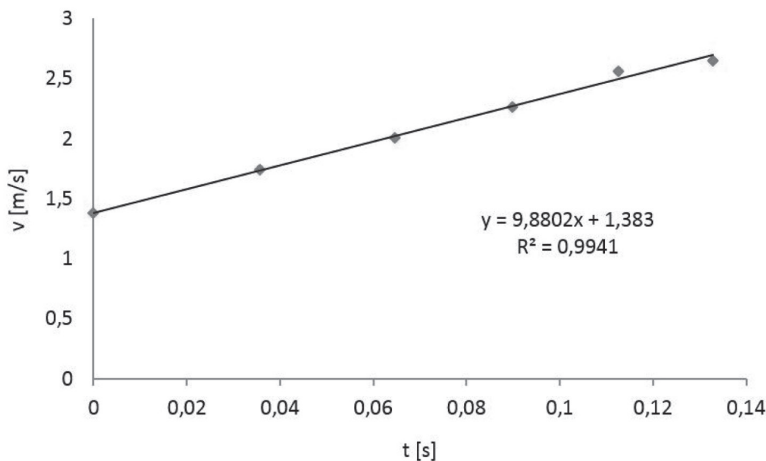
A mérési eredményekkel a diákok a közoktatásban teljesen szokatlan módon igazolták a mechanikai energia megmaradásának törvényét. Habár nem a szokásos úton és nem a szokásos eszközökkel, de eljutottak egy olyan fizikai törvény ismeretéhez és igazolásához, ami egyébként szerepel a tantervekben.

A szabadesés gyorsulásának vizsgálata azért érdekes, mert a hétköznapi tapasztalatokkal ellentéző az az eredmény, hogy a tárgyak azonos sebességgel esnek, ha csak a nehézségi erő érvényesül. (A hétköznapiokban ugyanis a közegellenállás és a felhajtóerő állandóan jelen vannak, ha a légkörben ejtünk egy testet.) Ennek a látszólag egyszerű jelenségnek a vizsgálata bizony sok kérdést felvet, és minden évben felhívja a tanárok figyelmét arra, hogy milyen sok diáknak van a mai napig arisztotelészi világmépe (*Nahalka*, 2002; *Korom*, 2005).

Ha számítógépes méréssel vizsgáljuk a szabadon eső testek gyorsulását, akkor az első probléma az, hogy nagyon rövid időtartamot kell pontosan mérni. Ennek a kérdésnek a megoldására egy elterjedt megoldás az ejtőlétra alkalmazása, amelynek segítségével útszorzozást érhetünk el. Az egyszerűen elkészített eszközökkel a 3. ábrán látható módon maguk a diákok végezhetnek méréseket, majd rögzítették és feldolgozták az adatokat (4. ábra).



3. ábra. A nehézségi gyorsulás mérését lehetővé tevő eszközök: adatgyűjtő, fotokapu és ejtőlétra



4. ábra. Nehézségi gyorsulás mérése fotokapuval; az adatfeldolgozás táblázatkezelő programmal történt (Mayer Jakab mérése)

A tanulói mérés és adatfeldolgozás eredményeként a nehézségi gyorsulás értéke $9,88 \text{ m/s}^2$ -nek adódott. A 0,7 százalékos relatív hiba soknak tűnhet, de a tanulói mérések gyakorlatában kiemelkedően jónak számít. Ugyanakkor a szabadesés gyorsulásának vizsgálata különösen ráirányította a diákok figyelmét arra, milyen fontos szerepe van a mérőrendszer mintavételezési gyakoriságának a mérések pontosságában.

Következő projektként így különösen érdekes volt a számítógépek hangkártyáját alkalmazó mérésekkel foglalkozni (Gingl és Kopasz, 2011). Ebben az esetben a másodpercenkénti mérések száma 44 100-ra növekedett az előzőekben alkalmazott mérőrendszer 1000Hz-es mintavételi frekvenciájával szemben. Laikus felhasználó számára mindkét mérési gyakoriság nagyon magasnak tűnhet, de sok olyan egyszerű jelenség van körülöttünk, amelyek tanulmányozásában jelentősen eltérő eredményeket kaphatunk a kétféle mérési elrendezéssel. A szabadesés gyorsulását például anélkül mérhettük az előző mérési elrendezéssel, hogy foglalkozni kellett volna a környezet befolyásoló hatásával, csupán alkalmas testet kellett használnunk. A megnövekedett mintavételi frekvenciával azonban már olyan eredményeket kaptunk, amelyek nem magyarázhatóak nagyon egyszerűen.

Azonos térfogatú, különböző tömegű golyókat ejtve vizsgáltuk az esési időket (5. ábra). Az egyik test egy vasgolyó volt, a másik pedig egy olyan pingponglabda, melybe egy gombostűfejet rögzítettünk, ami lehetővé tette, hogy elektromágnes segítségével indítsuk el a golyókat.

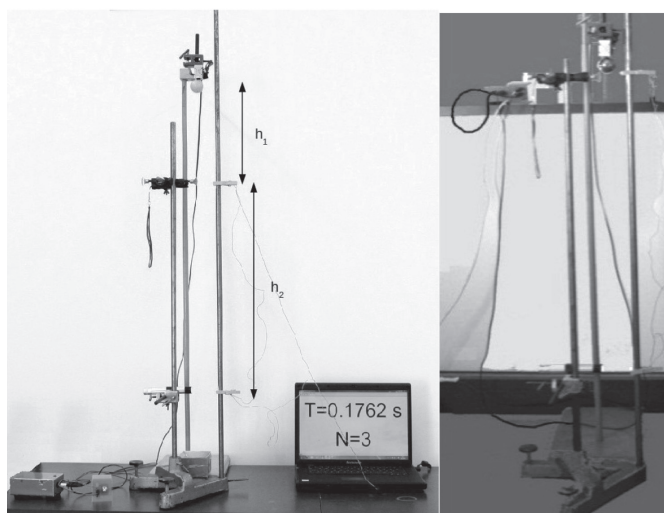
Szabadon eső golyók esetében, ha figyelembe vesszük a közegellenállást és a felhajtóerőt, akkor az egyes eső testek gyorsulása már függ a tömegüktől és a sebességüktől is. (A sebesség nagyságától függően vagy az

$$a = g - \frac{\rho_{lev} \cdot V \cdot g}{m} - \frac{6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r}{m} \cdot v, \text{ vagy az}$$

$$a = g - \frac{\rho_{lev} \cdot V \cdot g}{m} - \frac{c_{lev} \cdot A \cdot \rho_{lev} \cdot v^2}{2 \cdot m}$$

összefüggés lesz igaz.)

Az eltérő gyorsulás miatt az esés ideje függ attól, hogy milyen tömegű az eső test. Mindkét esetben azt várjuk tehát, hogy azonos térfogatú, különböző tömegű testek közül a nagyobb tömegű rövidebb idő alatt esik le. Ezt a tényt az iskolások eddig nagy magasságokból ejtett testek mozgásának mérésével tudták vizsgálni.



5. ábra. Mérési elrendezés szabadesés kísérleti vizsgálatához. A második elrendezésben az első fotokapu közvetlenül a felfüggesztett golyó alatt helyezkedik el

Nagyon gyors mintavételezésű eszközünkkel azonban olyan elrendezést is alkalmazhatunk, ahol az első fotokapu közvetlenül az elektromágnesen függő golyó alatt található, és mindkét golyó 71,7cm-t tett meg. Ez az elrendezés segít a diákoknak a probléma elemzésében, hiszen ekkor használhatjuk a kezdősebesség nélküli szabadesésre felírható formulákat, ami a közegellenállás és a felhajtóerő figyelembe vétele esetén jelentős könnyebbséget jelent. A vasgolyó esési ideje 0,3040s (szórása 0,0001s) volt az adott magasságon, míg a pingponglabda 0,3135s (szórása 0,0015s) alatt tette meg ugyanazt az utat. Ebből látható, hogy valóban tantermi körülmények között is kimérhető az esési idők különbsége.

A szabadesés jelenségének kétféle mérési elrendezése eltérő eredményt adott. Ez felhívja a figyelmünket arra a körülményre is, hogy miért is „tarthatnak” a kollégák a mérőkísérletek alkalmazásától. Sokszor előfordul, hogy kísérleteink során többet vagy épp kevesebbet látunk a valóságnak abból a szeletéből, amit éppen modellezni akarunk. Mindkét esetben meg kell tudni magyarázni a tapasztaltakat. Ha diákjaink maguk soha nem végeznek méréseket, az az elvárás alakul ki bennük, hogy a kísérleteknek mindig sikerülniük kell, és a tanár hibájának látják, ha egy jelenség bemutatása valamiért nem lett tökéletes. Azok a tanulók azonban, akik maguk is kísérleteznek, vagy akár kutatnak, nem csak azt tanulják meg, hogy egy-egy kísérlet időként lehet sikertelen vagy kevésbé sikeres, hanem azt is megszokják, hogy minden mérés eredményét meg kell próbálni megmagyarázni, meg kell érteni, miért azt az eredményt kaptuk, amit.

A számítógéppel végzett tanulói mérések még egy fontos tényre rávilágítanak: a természettudományos megismerés során modellek segítségével magyarázzuk a körülöttünk lévő világot. Először egészen egyszerű (vagy annak tűnő) jelenségeket vizsgálunk, majd egyre összetettebb modelleket alkalmazunk. Amikor számítógéppel végzünk nagyon pontos méréseket, sokszor előfordul, hogy szembesülni kell azzal, hogy az eredmények

értelmezéséhez szükség van a műszerek működésének pontos megértésére, vagy arra, hogy eszünkbe jusson, hogy egy termisztorral végzett, egyszerű hőtani mérést is komolyan befolyásolhat egy kis huzat a teremben.

Amikor a diák önálló kutatómunkát végez

A tehetséggondozó szakkörök akkor érik el igazán a hatásukat, ha a részt vevő diákokban feléled a további munka iránti igény. Erre kiváló példa gimnáziumunk tanulója, Király Móric, aki egy tanévig vett részt virtuális mérés technika szakkörön, majd a következő tanévben már önállóan pályázott egy tanulói programozó versenyen, ahol gyakorlati problémát kellett megoldania. A National Instruments myDAQ Pályázatán 2014-ben országos második helyezést ért el az épületen belüli gyalogosforgalom mérési megoldásával. Munkájában a szakkörön megszerzett készségeit és ismereteit kamatoztatta, és segítséget kapott az SZTE Műszaki Informatika Tanszékétől is. A pályamunka tulajdonképpen a fizikatanításban sokszor előkerülő fotokapu egy nagyon speciális megvalósítása volt, kreatív szenzor-alkalmazással és programozói megoldásokkal. Király Móric a projekttel a következő tanévben a 24. Ifjúsági Tudományos és Innovációs Tehetségkutató Verseny második fordulójába jutott.

Ebben a tanévben olyan diákok munkáját is mentorálhatjuk az iskolában, akik majdnem teljesen önállóan végzik kutatómunkájukat. Egy olyan pályázaton veszünk részt, amelyben meghatározott programozási nyelv segítségével kell szenzorokkal végzett fizikai kísérleteket végezni. A programnyelv alapjainak megismertetése után a tanulók önállóan sajátították el az összetett feladatok elvégzéséhez szükséges programozói ismereteket, és készítették célprogramokat egyes fizikai jelenségek vizsgálatához, mint például a folyadék fényáteresztő képességének mérése a rétegvastagság függvényében, vagy egy rugóra függesztett test rezgésidőjének vizsgálata.

A kutatásalapú tanulás alkalmazásának egyik legfőbb feltétele, hogy tanárként a diákjainkat partnerként tudjuk kezelni. Feladatlappal végzett munka esetén többnyire megmarad a tanár irányító szerepe, de itt is fontos az, hogy tudjon bízni a diákokban: ténylegesen a feladatot fogják elvégezni, és nem tesznek kárt egymásban vagy magukban. A kölcsönös bizalmi légkör kialakításának mindenképpen meg kell előznie a tanulói kísérleti munkát. Tanárként meg kell tanulni türelmesen kérdezni, akár a kérdésre is kérdéssel válaszolni, úgy rávezetni a diákokat a helyes megoldásra, hogy ne vegyünk el tőlük a felfedezés örömét – nem pedig azonnal megadni a válaszokat. Amikor szakköri munkában vagy önálló kutatásban támogatjuk a diákokat, teljesen át kell tudni adni az irányítást a diákoknak: ők határozzák meg, mit és milyen módszerekkel vizsgálunk. Tanárként tudni kell a háttérben maradni, de folyamatosan figyelni, támogatni, és csak akkor nyújtani segítséget, ha szükség van rá.

Összegzés

Tapasztalataink szerint a kutatásalapú módszer alkalmazása akkor lehet hatékony, ha kisebb létszámú csoportokban lehet dolgozni a tanulókkal. Ebben az esetben bármely tudásszint és korosztály esetén lehet találni olyan feladatokat, amelyek alkalmasak a tanulók érdeklődésének felkeltésére, és a tantárgyi attitűd javítása mellett tárgyalhatjuk az adott tananyagot. Azok a diákok, akiknek valóban sikerül felkelteni az érdeklődését, később önálló kutatásokat végeznek, és számukra a pályaválasztást is meghatározó élménnyé válhat egy-egy ilyen kutatómunka elvégzése.

A kutatásalapú tanulás alkalmazásának egyik legfőbb feltétele, hogy tanárként a diákjainkat partnerként tudjuk kezelni. Feladatlappal végzett munka esetén többnyire megmarad a tanár irányító szerepe, de itt is fontos az, hogy tudjon bízni a diákokban: ténylegesen a feladatot fogják elvégezni, és nem tesznek kárt egymásban vagy magukban. A kölcsönös bizalmi légkör kialakításának mindenképpen meg kell előznie a tanuló kísérleti munkát. Tanárként meg kell tanulni türelmesen kérdezni, akár a kérdésre is kérdéssel válaszolni, úgy rávezetni a diákokat a helyes megoldásra, hogy ne vegyük el tőlük a felfedezés örömet – nem pedig azonnal megadni a válaszokat. Amikor szakköri munkában vagy önálló kutatásban támogatjuk a diákokat, teljesen át kell tudni adni az irányítást a diákoknak: ők határozzák meg, mit és milyen módszerekkel vizsgálunk. Tanárként tudni kell a háttérben maradni, de folyamatosan figyelni, támogatni, és csak akkor nyújtani segítséget, ha szükség van rá.

Irodalomjegyzék

- Csapó Benő (2002): Az iskolai tudás felszíni rétegei: mit tükröznek az osztályzatok? In: Csapó Benő (szerk.): *Az iskolai tudás*. Osiris Kiadó, Budapest. 45–90.
- Csapó Benő (2004): Tudás és iskola. Műszaki Könyvkiadó, Budapest. 147–174.
- Gingl, Z. és Kopasz, K. (2011): High-resolution stopwatch for cents. *Physics Education*, **46**. 4. sz. 430–432. DOI: [10.1088/0031-9120/46/4/009](https://doi.org/10.1088/0031-9120/46/4/009)
- Kopasz Katalin, Gingl Zoltán, Makra Péter és Papp Katalin (2008): A virtuális mérés technika kísérleti lehetőségei a közoktatásban. *Fizikai Szemle*, **58**. 7–8. sz. 267–271.
- Kopasz, K., Makra, P. és Gingl, Z. (2011): Edaq530: a transparent open-end and open-source measurement solution in natural science education. *European Journal of Physics*, **32**. 2. sz. 491–504. DOI: [10.1088/0143-0807/32/2/020](https://doi.org/10.1088/0143-0807/32/2/020)
- Korom Erzsébet (2005): *Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás*. Műszaki Kiadó, Budapest.
- Nagy Lászlóné (2010): A kutatásalapú tanulás/tanítás ('inquiry-based learning/teaching', IBL) és a természettudományok tanítása. *Iskolakultúra*, **20**. 12. sz. 31–51.
- Nahalka István (2002): A gyermektudomány elemei a fizikában. In: Radnóti Katalin és Nahalka István (szerk.): *A fizikatanítás pedagógiája*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- Papp Katalin és Józsa Krisztián (2000): Legkevésbé a fizikát szeretik a diákok? *Fizikai Szemle*, **50**. 2. sz. 61–67.
- Radnóti Katalin (2002): A fizika tantárgy helyzete és fejlesztési feladatai. *Új Pedagógiai Szemle*, **52**. 5. sz. 38–49.
- Veres Gábor (2010): Kutatásalapú tanulás – a feladatok tükrében. *Iskolakultúra*, **20**. 12. sz. 61–77.

Jegyzet

¹ www.inf.u-szeged.hu/noise/edudev