

A KUTATÁS ALAPÚ TANULÁS LEHETŐSÉGEI A FIZIKAÓRÁN

Radnóti Katalin – ELTE TTK Fizikai Intézet

Adorjáné Farkas Magdolna – Arany János Általános Iskola és Gimnázium

A *Fizikai Szemlében* korábban megjelent írásainkban többször hivatkoztunk arra, hogy a fizika egyes területeinek tanításához jól alkalmazható az olyan oktatási módszer, amelyben a diákok részesei lehetnek egy kutatáshoz hasonló folyamatnak [1]. Ilyenkor a diákok átélik a tudásalkotás folyamatát, a tanári magyarázat követően nem csupán tankönyvből tanulják meg a leckét [2]. Az úgynevezett kutatásalapú tanulás, mint oktatási módszer elterjesztésére és a diákok kutatási készségeinek értékelésére hangsúlyt fektetnek az Európai Unió országai. Jelen cikkben közreadott példánk a SAILS-projekt keretében történt fejlesztések termékei közül valók.

A SAILS-projekt bemutatása

A SAILS betűszó a Strategies for Assessment of Inquiry Learning in Science (Értékelési stratégiák a természettudományok kutatásalapú tanulásához) rövidítése. A SAILS az Európai Unió támogatásával megvalósuló projekt, szakmai vezetését a Dublin City University látja el. Tizenkét partnerország egy-egy egyeteme csatlakozott a programhoz, hazánkból a Szegedi Tudományegyetem Oktatásméleti Csoportja.

A nemzetközi munkacsoport célja, hogy Európazerte segítse a pedagógusokat a 12-18 éves tanulók kutatásalapú természettudományos oktatásának elsajátításában. Ennek érdekében meglévő modelleket és forrásokat használnak mind a gyakorló pedagógusok, mind a tanárjelöltek képzésekor. A SAILS egy önfenntartó modell létrehozásán dolgozik, amely abban támogatja a tanárokat, hogy megosszák tapasztalataikat és a kutatásorientált tanítási, tanulási és értékelési gyakorlataikat. A munka keretében a partnerek meghatározott szerkezetű unitokat – más néven modulokat – dolgoznak ki, ezek a feladat leírásán túl tartalmazzák a tanórai megvalósításhoz és a kutatási készségek értékeléséhez szükséges módszertani útmutatót is.

Egy-egy unitot több országban is kipróbálnak. Minden próbáról esettanulmány készül, amelynek egyik fő eleme azt értékeli, hogy a modul által kiemelt készségek fejlesztését miként sikerült megvalósítani [3].

A kutatást az Európai Unió a SAILS 289085 számú FP7-es projekt keretében támogatta.

A tanulmány az MTA Szakmódszertani Pályázat 2014 támogatásával készült.

A SAILS-projekt a természettudományos műveltség formálása és a gondolkodás fejlesztése mellett a következő kutatási készségek fejlesztésére és értékelésére helyezi a hangsúlyt:

- vizsgálat tervezése (planning investigation),
- feltevés- / hipotézisalkotás (developing hypothesis),
- következtetések megfogalmazása (forming coherent arguments),
- vita a társakkal, csoportmunka (debating with peers).

Az értékeléshez a nemzetközi munkacsoport az *1. táblázatban* látható táblázatos rendszert fejlesztette ki, amelyet természetesen minden unitra adaptálni kell. Jelen cikkben bemutatandó példánk esetében fontos volt a grafikonok készítése is, ezért annak értékelési lehetőségeire is gondoltunk.

Két SAILS-modul kipróbálása egyetemi hallgatókkal

Az angol fejlesztésű, *Úszó narancsok* című modult és a magyar fejlesztésű *Galvánelemek* modul feldolgozását próbáltuk ki tanárnak készülő fizika-, kémia- és biológiaszakos MA hallgatókkal. Mivel a kipróbálók egyetemisták voltak, ezért jelentősen kibővítettük az eredetileg ajánlott feladatokat. Több szakmai ismeretet vártunk el, és mérésorozatot, kvantitatív vizsgálat elvégzését is kértük.

A feldolgozás további érdekessége volt, hogy azt két tanár vezette. Ezáltal a tanulók csoportmunkája mellett a foglalkozást vezető tanárok együttműködését is vizsgálhattuk. A munkamegosztás szerint a két-féle mérésből egyikünk az egyik, másikunk a másik mérési feladat tanulói megvalósítását és az azt követő beszámolókat figyelte a felsorolt szempontok alapján mindhárom csoport esetében.

A hallgatók ugyanolyan helyzetben voltak a foglalkozás során, mint amilyenbe majd diákjaik kerülnek egy hasonló kísérletnél. Így a kipróbálással azt a célt is elértük, hogy az egyetemisták ne csak halljanak egy módszerről, hanem ők maguk is a majdani tanulóikhoz hasonló tapasztalatokat szerezzenek. A foglalkozás alatt többször is felhívtuk a leendő tanárok figyelmét, hogy gondolják át, a diákokkal hogyan végeztetnék el a feladatot.

A megvalósítás egy 180 perces foglalkozás keretében történt. A hallgatók semmilyen előzetes információt nem kaptak, csak annyit tudtak: kísérletezni fog-

Értékelési lehetőségek

Kompetenciák		Szintek		
		Kezdő	Középhaladó	Haladó
Kutatói készségek	Vizsgálat tervezése és kivitelezése	A csoport csak tanári irányítással képes a feladat végrehajtására, kérdéseik nem relevánsak, megfigyeléseik rögzítése kaotikus. Nem tudják, hogy melyik eszköz mire szolgál.	A csoport időnként segítségre szorul. Kérdéseik nem minden esetben relevánsak. A megfigyeléseket jól rögzítik, de hiányosan. Eszközhasználatuk bizonytalan.	A csoport önállóan dolgozik. A problémára irányuló kérdések lényegre törőek. A megfigyelések rögzítése pontos. Ki tudják választani a célnak megfelelő eszközöket.
	Hipotézisalkotás	Végrehajtanak valamilyen változtatást és ismét mérnek.	Kiválasztanak egy tesztelendő változót, és mérnek a változó különböző értékeinél. Várható feltevéseiket lejegyzik. Matematikai jellegű feltevést tesznek a várható összefüggésre.	Megkísérelnek kivitelezni egy vizsgálatot, az eredményeket feljegyzik. Matematikai jellegű feltevést tesznek a várható összefüggésre, konkrét előzetes becsléssel, közelítési lehetőségek figyelembe vételével.
Tudományos műveltség	Grafikus ábrázolás	A grafikonon összekeverik a függő és a független változót, rossz a beosztás, a grafikonnak nincs címe.	A grafikon szerkesztésében vannak hiányosságok, nem minden szükséges jelölés szerepel, van címe, de nem pontos.	A grafikon megszerkesztése pontos, a tengelybeosztás jól van megválasztva, a cím pontos, a függvényillesztés jó.
	Következtetések bemutatása	A beszámoló szétszórt, a lényegyet nem emeli ki.	A beszámoló csak részleteiben felel meg a kívánalmaknak.	A beszámoló összefüggő, érthető, követhető. A ténylegesen kapott adatokat összevetik a hipotézissel.

nak. A 13 egyetemistából két darab négy fős és egy öt fős csoport alakult, a hallgatók szimpátia alapján választottak társakat. A feladatok elosztását is a csoportokra bíztuk.

Az eszközök és anyagok egy részét minden csoport egységesen megtalálhatta a saját tálcáján, a többit pedig szükség szerint a közös tálcáról vehették el. A csoportok az alábbi feladatlapot kapták.

Kutatásalapú tanulási feladatlap

Elvégzendő feladatok:

- Különböző gyümölcsök és zöldségek úszási tulajdonságainak vizsgálata.
- Galvánelemek készítése gyümölcsök, zöldségek és fémdarabok felhasználásával.

Anyagok és eszközök az egyes csoportok számára:

- csoportonként néhány gyümölcs/zöldség, például: mandarin vagy narancs, alma, uborka (nyers és savanyú), 2 darab burgonya, citrom;
 - víz, cukor, só;
 - kanál, pohár, vonalzó, hőmérő, melegítő eszköz, pH-papír;
 - finom szemcsés csiszolópapír vagy -vászon;
 - pénzérmék, illetve egyéb elektródának alkalmas fémek, mint például szögek, csavarok;
 - csoportonként feszültségmérő (2 db), krokodilcsipesz (4 db), vezeték (4 db);
 - zseblámpaizzó;
 - mobiltelefon, laptop Excel programmal (lehetőleg a hallgatóknál is legyen az ábrázoláshoz, csoportonként 2 db), projektor.

Segédletek, felhasználható grafikonok:

- cukor és konyhasó vízben való oldhatóságának hőmérsékletfüggése;
- telített vizes cukoroldat sűrűsége a hőmérséklet függvényében;
- a cukoroldat sűrűsége az összetétel függvényében;
- a sóoldat sűrűsége az összetétel függvényében;
- a víz sűrűségének változása a hőmérséklet függvényében.

A csoport vezessen jegyzőkönyvet a munka során, amely tartalmazza:

- a csoport által megfogalmazott kutatási kérdéseket;
- a feltett kérdések vizsgálatához megtervezett kísérletek leírását és az előzetes elképzeléseket, hipotéziseket;
- függvénykapcsolatok jellegének hipotetikus megfogalmazását;
- a kísérletek során felmerülő problémákat, azok megoldásait;
- a kísérletek során tett megfigyeléseket, eredményeket, mérési adatokat;
- a mérési adatok felhasználásával készült Excel grafikonokat és az azokhoz tartozó függvényillesztéseket, amelyek jóságáról az R^2 próba ad felvilágosítást;
- az előzetes hipotézisekkel való összevetést;
- elhanyagolások, közelítések, hibalehetőségek meg gondolását;
- a következtetéseket.

Kérjük, hogy a csoportok a jegyzőkönyvet a fenti szempontok szerint egy héten belül készítsék el és küldjék el nekünk.

A kísérletezés három órája

A csoportok papíron kapták meg a feladatokat. A terembe érkeve a tálcájukon megtalálták a feladatlapon szereplő eszközöket és anyagokat.

A foglalkozás menete:

1. Kutatási kérdések összeírása, majd közös megbeszélés és döntés arról, hogy melyik csoport konkrétan mit fog csinálni, milyen vizsgálatokat fog elvégezni (30 perc).

2. A csoportok gyakorlati munkája (90 perc).

3. A csoportok beszámolója a munkájukról (40 perc).

4. Értékelés, kiterjesztési lehetőségek (20 perc).

A három társaság mindegyike differenciált csoportmunkában kicsit mást csinált, azonban voltak közös elvárások:

- A kiválasztott gyümölcsök és zöldségek úszási tulajdonságainak vizsgálata.

- Úszás esetén az oldatból kilógó rész magasságának ábrázolása grafikonon a vízben feloldott cukor/só mennyiségének függvényében. (Az egység: 1 kanálnyi mennyiség.)

- Különböző galvánelemek készítése a kiválasztott anyagok felhasználásával.

- A burgonyából, valamint rézből és horganyzott acélból álló galvánelem által létrehozott kapcsoltszűrés időbeli változásának mérése és ábrázolása grafikonon.

Segítő kérdések, előzetes tudás mozgósítása:

- Milyen esetben merül el a test egy folyadékban?
- Mi az úszás és mi a lebegés feltétele?
- Hogyan lehet elérni, hogy az elmerülő test lebegjen, netán ússzon?

- Mitől függ az, hogy egy folyadékban úszó test kilógó része milyen magas?

- Hogyan lehet azt megváltoztatni?

- Szükséges-e, hogy a folyadékközeg valódi oldat legyen?

- Hol használunk elemeket a mindennapi életben?

- Mi a különbség az elemek és az akkumulátorok között?

- Miből származik egy elem energiája?

- Melyek a galvánelem részei?

- Mitől függ egy galvánelem elektromotoros ereje?

Ez hogyan vizsgálható?

- Egy adott galvánelem elektromotoros ereje időben állandó marad-e? Ez hogyan vizsgálható?

Felhívtuk a hallgatók figyelmét arra, hogy egy-egy új téma bevezetésénél az általános, illetve középiskolások esetében is fontos az előzetes ismeretek feltárása. Ezekre lehet alapozni, ezeket kell beépíteni a rendszerezett tudásba, korrigálni az ismerethiányt, a tévképzeteket javítani.

A két vizsgálatsorozatot egyszerre végezték a csoportok, így a feladatok tagok közötti ésszerű megosztása fontos elemmé vált.

Kielégítő megoldásként a következőket vártuk el a hallgatóktól:

- Táblázatok a készített galvánelemekről (mely elektródák, gyümölcsök, zöldségek esetében mekkora feszültség mérhető), valamint az egyes zöldségek és gyümölcsök vízbéli viselkedéséről (lesüllyed, lebeg vagy úszik).

- Grafikonokat az időbeli viselkedésről, illetve a különböző paraméterek közötti összefüggésről.

Az úszás leírása

Közelítsük a gyümölcsöt egy A alapú és b magasságú testtel (például téglatest), amely y hosszán lóg ki a vízből! A gyümölcs sűrűsége legyen ρ . Ekkor

$$\rho A = V$$

a téglatesttel közelített gyümölcs teljes és

$$(b - y) A$$

a vízben lévő rész térfogata. A vízben lévő részre ható felhajtóerő egyenlő a testre ható nehézségi erővel. Vizsgáljuk meg a kilógó rész y magasságát a folyadék ρ_f sűrűségének függvényében!

A lebegés vagy úszás esetében érvényes mozgásegyenlet:

$$\begin{aligned} \mathbf{G} - \mathbf{F}_{\text{felhajtó}} &= 0 \\ \Downarrow \\ \mathbf{G} &= \mathbf{F}_{\text{felhajtó}} \\ \Downarrow \\ \rho g A b &= \rho_f g A (b - y) \quad / g A \\ \Downarrow \\ \rho b &= \rho_f (b - y) \quad / \rho_f \\ \Downarrow \\ \frac{\rho b}{\rho_f} &= b - y \\ \Downarrow \\ y &= b - \frac{\rho b}{\rho_f} \end{aligned}$$

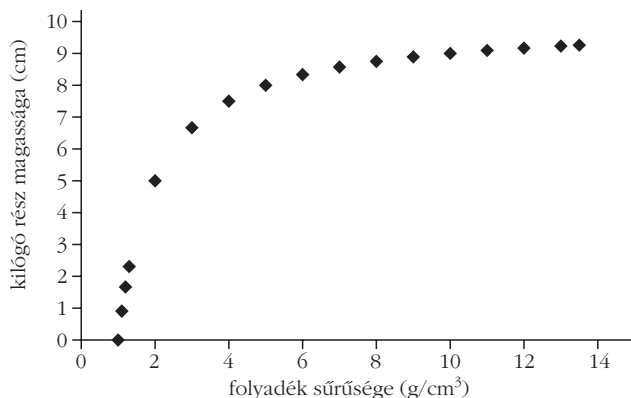
A feladat ebben az esetben *egy függvénykapcsolat feltárása, nem pedig egy egyszerű számítás megoldása*.

Számításos feladatok során például a kiemelkedő rész magasságát vagy a folyadékban lévő rész tömegét szokás kérdezni egy adott folyadéksűrűség mellett. Ekkor egy dimenzióval rendelkező szám a végeredmény. Pedig fontos, hogy a diákok lássák a függvény-szerű kapcsolatot a folyadéksűrűséggel.

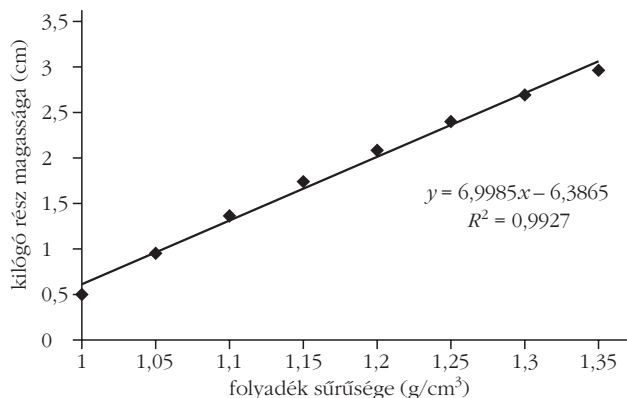
Legyen a „gyümölcstéglatest” b magassága 10 cm és ρ sűrűsége 1 g/cm³, ekkor

$$y = b - \frac{\rho b}{\rho_f} = 10 - \frac{10}{\rho_f} \text{ (cm)}$$

a ρ_f sűrűségű folyadékból kiemelkedő gyümölcscrész y magassága.



1. ábra. A kilógó rész magassága, ha az úszó test sűrűsége 1 g/cm³, elméleti görbe a levezetés alapján.



2. ábra. A kilógó rész magassága, a várható elméleti görbe a sós-cukros vízre.

A legnagyobb sűrűségű folyadék a higany, és eddig tart görbénk is, amely jól láthatóan telítésbe megy (1. ábra), hiszen határértékben a teljes 10 cm-nyi gyümölcs kilógna a végtelen sűrűségű folyadékból.

A tapasztalat szerint a gyümölcs inkább úszik a vízben, mint lebeg – van egy kis kiálló része –, ezért sűrűsége legyen kisebb, mint a tiszta vízé: 0,95 g/cm³, ekkor:

$$y = 10 - \frac{9,5}{\rho_f} \text{ (cm)}.$$

Az $y(\rho_f)$ függvényt ábrázolva látható, hogy a cukor/só adagolásával ténylegesen megvalósítható, 1–1,5 g/cm³ sűrűségi tartományban a görbe nagyon jól közelíthető egyenessel (2. ábra). Az elméletileg számítható pontokhoz egyenest illesztettünk. További közelítésünk volt a gyümölcs alakja, amelyet téglatestnek vettünk.

A fenti gondolatmenet alapján kijelenthető, hogy lineáris jellegű függvénykapcsolatra lehet számítani a mérésnél.

A mérési eredmény ábrázolásakor a vízszintes tengelyen a folyadéksűrűség helyett például az adagolt cukor kanálszáma szerepelhet (hiszen az a feloldott cukor mennyiségével és így az oldat sűrűségével arányos). Segítségként cukorkoncentráció-sűrűség grafikont kaptak a hallgatók.

Bár a cukor nagyon jól oldódik a vízben, 20 °C-on 100 g víz 200 g cukrot képes feloldani, de a görbe telítés jellegű részét a mérés során biztosan nem fog-

juk látni, az oldat sűrűsége messze nem éri majd el a 3 g/cm³ értéket, ahol már nem érvényes a lineáris közelítés (1. ábra).

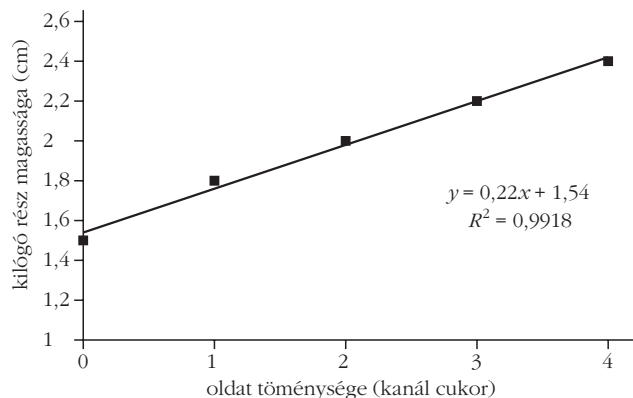
A gyümölcs nem „ugrik ki” a vizes oldatból, csak egyre nagyobb része fog kilógni. A kilógás értéke sem 0-ról indul, csak ha a gyümölcs/zöldség sűrűsége nagyobb vagy egyenlő a víznél (a burgonya például lesüllyed, található lebegő gyümölcs is). A mért görbe a teljes függvény első, lineáris tartományába esik, egyenessel közelíthető.

A kísérletezők egyetemi hallgatók voltak, így arra számítottunk, hogy – ha nem is a fentihez hasonló módon, bár a fizikaszakosok esetében még ez is elvárható – végiggondolják, milyen jellegű függvényt kapnak, milyen közelítő feltevést alkalmazhatnak a gyümölcs/zöldség alakjára. A hallgatók zöme először egyszerű lineáris kapcsolatra tippelt, majd némi gondolkodás után rájöttek, hogy az 1. ábrán vázolt, telítésbe menő görbe a helyes alak, bár ezt a részt ennél a mérésnél nyilván nem lehet látni.

A mérést magunk is elvégeztük. A pohárban lévő tiszta vízhez egy, kettő, három végül négy kanál cukrot adtunk. Mind az öt esetben (tiszta vízzel is mértünk) – összekeverés és oldódás után – a folyadékba tettük a mandarint és lefénnyképeztük (3. ábra). A képeket a pohár méretének segítségével azonos méretűre szerkesztettük, és ilyen helyzetben mértük le a mandarin vízből kilógó részét, az eredményt Excel programmal ábrázoltuk. A mérési pontokra – a hipotézisnek megfelelően – egyenest fektettünk (4. ábra).

3. ábra. Mandarin tiszta vízben, majd 1, 2, 3, 4 kanál cukrot tartalmazó oldatban.





4. ábra. A mérési adatok mandarin úsztatásakor.



5. ábra. A burgonyaelem összeállítása.

Galvánelem

A hallgatók működő galvánelemet állítottak össze valamilyen zöldségből vagy gyümölcsből (elektrolit) és fémekből (elektrodák), majd egy voltmérő bekapcsolásával zárták az áramkört. Ezután kellett megmérniük a kapcsolófeszültség időbeli változását, illetve kideríteniük, hogy milyen tényezőktől függ a kezdeti feszültség nagysága.

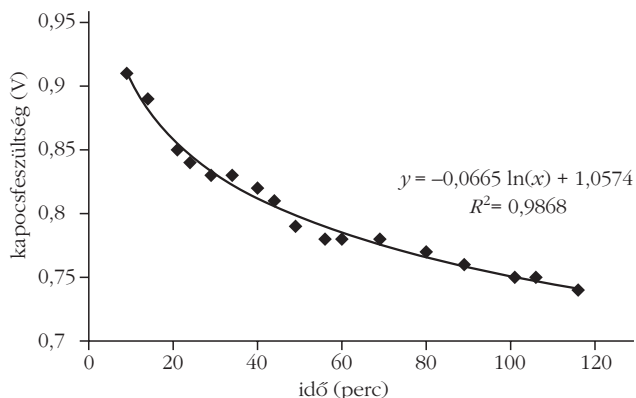
Az előzetes ismeretek feltárása

A mai gyerekek már egészen fiatal korban is több egyenáramú forrásról működő eszközt használnak – mobiltelefon, digitális fényképezőgép, tablet –, ezért sok ezzel kapcsolatos fogalmat ismernek. Így a hallgatóknak először azokat a fogalmakat kellett írásban összegyűjteniük, amelyeket egy hatodikos tanuló e témakörből nagy valószínűséggel ismerhet.

Az előzetes hipotézisek felállítás, a kísérletek megtervezése, szóban és írásban

- Milyen összetevőkből hozható létre a galvánelem?
- Hogyan mérhető meg az általa szolgáltatott feszültség?
- Hogyan változik a feszültség az időben?
- Milyen tényezőktől függhet a feszültség?
- Mi történik, ha fogyasztót (például zsebizzó) kapcsolunk az áramkörbe?

6. ábra. A burgonyaelem kapcsolófeszültségének változása az idő függvényében.



1. kísérleti feladat: a kapcsolófeszültség változása az idő függvényében

Az első részfeladatban burgonyából és a minden csoport számára egységesen kikészített réz – horganyzott acél elektrodapárból kellett galvánelemet készíteni – az előzetes kipróbálás során ez bizonyult a legstabilabb összeállításnak – (5. ábra), majd elvégezni a mérést. Az időben lassan csökkenő kapcsolófeszültség miatt körülbelül másfél óra hosszan kell mérni, ezért indítottunk ezzel a feladattal. A hosszú mérési idő miatt elegendő körülbelül 5 percenként rögzíteni az adatokat. Egy mérés görbéje a 6. ábrán látható.

A hallgatók előzetes feltevései között előfordult a lineáris és az exponenciális csökkenés is. A mérési adatokból látszik, hogy a működés elején ábrázolt mérési pontokra jól illeszkedik egy egyenes. A mérés egészét nézve viszont látszik, hogy a változás nem lineáris.

2. kísérleti feladat: mitől függ a kapcsolófeszültség?

Ennél a feladatnál a hallgatók szabadon megtervezhették, hogy milyen méréseket végeznek. Sokféle zöldség/gyümölcs és fém közül választhattak (7. ábra).

A mérések alapján a hallgatók arra a helyes következtetésre jutottak, hogy a feszültség meglehetősen széles tartományban változik attól függően, hogy milyen elektrodapárt használunk azonos zöldség-elektrolit mellett, azonban azonos elektrodapár esetén csak kis mértékben függ az elektrolit anyagától.

7. ábra. Egy „zöldség-elem” összeállítása.



A hallgatói munka értékelése

A hallgatók munkáját a bemutatott *1. táblázat* alapján értékeltük.

A „Vizsgálat tervezése” képesség esetében mindhárom csoport a „Haladó” kategóriába tartozik, ami egyetemisták és ilyen egyszerű feladatok esetében elvárható. Az adatok gyűjtése rendben megtörtént, ezeket logikus táblázatokba rendezték a hallgatók.

A „Hipotézisalkotás” képességkategóriák közül viszont mindhárom csoport csak a „Középhaladó” szintet teljesítette. Az *úszó narancsokra* ugyan mind-egyik csoport megfogalmazta hipotézisét, de csak a fizikus csoport várt telítésbe menő görbét, a másik kettő lineárisra tippelt. Azonban még a fizikus hallgatók sem a tanult fizikai leírás alapján dolgoztak, ahogy azt az első részben vázoltuk. Ez még kutatók szintjén sem magától értetődő. Ez a fajta megközelítés láthatóan ismeretlen a hallgatók előtt, noha már számtalan laborgyakorlatot csináltak végig. Azokon minden esetben előre megadták „recept” szerint kellett dolgozniuk. A hazai oktatás még az egyetemen sem fejleszti ezt a képességet.

A „Grafikus ábrázolás” kategóriában az elért műveltségi eredménynél lényegesen jobbra számítottunk. Csak egy grafikonra illesztettek függvény, ezért a hallgatókat a „Középhaladó” szintre soroltuk.

A „Következtetések bemutatása” a „Haladó” szintet közelítette. A hallgatók szépen összevetették a kapott eredményeiket az általuk megfogalmazott hipotézisekkel.

Még egyetemistáknál is megjelentek a fiatalabb tanulókra jellemző elképzelések. A feltárni kívánt függvénykapcsolatokat a legtöbben lineárisnak gondolták, holott egyik esetben sem az. A folyadékba helyezett gyümölcs esetében csak az egyik fizikaszakos hallgató gondolta végig, hogy a lineáris közelítés csupán kis sűrűségváltozás esetén írja le a jelenséget. A galvánelem kapcsolófeszültségének változását többen egyszerűen lineárisnak gondolták, bár felvetődött a logaritmikus kapcsolat lehetőségére.

Többen vélekedtek úgy, hogy a kapcsolófeszültség nem csak az elektródának használt fémek anyagi minőségétől függ, hanem a gyümölcstől, vagyis az elektrolitól is.

A tapasztalatok összegzése

Fontos, hogy a feldolgozandó *kutatási témában a tanár szakmailag otthonosan mozogjon*, hiszen ezeken a foglalkozásokon a diákok sokféle kérdéssel, ötlettel állhatnak elő. Ezek mindegyikére nem lehet külön felkészülni, így a biztos háttértudás elengedhetetlen. A tervezéskor, például a segítő kérdések előzetes átgondolásához is magas szintű szakmai tudás szükséges.

Pedagógiai szempontból fontos, hogy a tanár gyakorlott legyen a különböző kollektív munkaformák alkalmazásában, lehetőleg már az adott diákcsoport-

tal is. Először nem a kutatási feladat megoldását, hanem az egyszerű csoportmunkát javasoljuk, majd a diákok fokozatosan kapjanak egyre nagyobb önállóságot. A tanár pedig apránként vonuljon „háttérbe”. Ez nem könnyű, hiszen a honi pedagógiai gyakorlatban a tanár áll a középpontban, ő a tudás forrása még akkor is, ha bizonyos részfeladatokat a diákokkal végeztet el.

Nem minden téma alkalmas kutatás alapú feldolgozásra, tudni kell kiválasztani a megfelelőket.

A hazai gyakorlatban szokatlan, hogy a diákoktól hipotéziseket kérjenek a tanárok. A *tanulói hipotézisek* értékelésekor ügyelni kell arra, hogy a „jó” hipotézis ismérve nem csupán annyi, hogy a mérések visszaigazolják. Figyelembe kell venni az elképzelés kidolgozottságát, a tanulók előzetes tudása alapján ad-e konkrét előrejelzést, amit majd össze lehet vetni a kísérleti eredményekkel.

A hipotézis használhatóságára a *következtetések* levonásánál kell kitérni. A diákok vessék össze hipotézisüket a tényleges tapasztalatokkal, és értékeljék a szerint, hogy az előrejelzés bevált-e. Keressék meg a siker, de a kudarc okát is!

Tapasztaltabb diákokkal célszerű minél több *méressorozatot* végeztetni, a hipotéziseket lehetőleg matematikai alakban megfogalmazni: milyen jellegű függvénykapcsolatra számítanak, egyenes vagy fordított arányosságra, esetleg egyéb kapcsolatra. A diákok alkalmazzák előzetes tudásukat ebben a szakaszban, származzon az akár a hétköznapi tapasztalatból, akár az iskolában tanultakból. Az IKT eszközök felhasználása – például Excel programé, amely tananyag informatikából – remek lehetőséget ad arra, hogy rámutassanak: *a természeti törvények gyakran leírhatók függvénykapcsolattal*.

A hagyományos feladatmegoldások esetében a végeredmény sokszor egy számérték, általában mértékegységgel. Ritkán térünk ki arra, hogy a kapott számértékek gyakran az adott jelenséget leíró függvény egy pontjának koordinátái.

A tanulókísérletekhez vagy a tananyag ahhoz hasonló feldolgozásához a megszokottól eltérő *tanári felkészülés* szükséges. Ennek elengedhetetlen részeként előre el kell végezni azt a méressorozatot, amelyet a diákoktól megkívánunk. A saját tapasztalat és a diákok várható előzetes tudása alapján kell tervezni a segítő kérdéseket, a szükséges anyagokat, eszközöket és egyéb segédleteket. Mi szerepeljen a feladatlapon, mi az, amit már elvárhat a diákoktól? Végig kell gondolni, hogy a diákoknak milyen ötletei lehetnek. Más ez a felkészülés, mint ami egy előadást vagy demonstrációs kísérletet előz meg, bár akkor is meg kell tervezni a kérdéseket, el kell végezni a demonstrációs kísérletet. Ám ott a tanár közvetlenül irányítja a folyamatot, megtervezve az egymást követő lépéseket. A tanulókísérletekben is a tanár irányít, ő ismeri pontosan a célt, de a megvalósításban sokkal nagyobb szerepet szán a diákoknak, teret ad egyéni ötleteiknek, javaslataiknak. Ilyenkor nagy szükség van a magas szintű szakmai tudásra,

például annak eldöntésére, hogy a diákok által javasolt út járható-e. Meddig lehet engedni, hogy a diákok egyéni útjaikat kövessék akkor is, ha már az elején látszik, hogy az rossz, azonban fontos tapasztalatokat ígér?

A munka során fényképsorozatok készítését tanácsoltuk a hallgatóknak. A feszültség-idő függvény felvételéhez a voltmérőt a mellé tett órával fényképezték le. A vízben úszó gyümölcsről a kilógó rész magasságának meghatározásához is érdemes fényképeket készíteni a különböző koncentrációk mellett. A leolvásánál ügyelni kell, hogy a fényképek azonos méretűek legyenek. Ez elérhető fix geometriájú beállítással, de a kép utólagos kicsinyítésével-nagyításával is.

Ekkor egy adott méret, például a pohár legyen a viszonyítási alap. Mindkét esetben kielégítő pontossággal mérhető a folyadékból kilógó rész hossza.

Irodalom

1. Radnóti K. Adorjáné Farkas M.: A fizika tanításához szükséges tanári tudás rendszere, II. rész. *Fizikai Szemle* 52/12 (2012) 422–425. <http://fizikaiszemle.hu/archivum/fsz1212/FizSzem-201212.pdf>
2. Nagy L.-né: A kutatásalapú tanulás/tanítás ('inquiry-based learning/teaching', IBL) és a természettudományok tanítása. *Iskolakultúra* 12, (2010) 31–51. <http://www.iskolakultura.hu/ikultura-folyoirat/documents/2010/2010-12.pdf>
3. Brassói S., Hunya M., Vass Vilmos.: A fejlesztő értékelés: az iskolai tanulás minőségének javítása. *Új Pedagógiai Szemle* 2005/7–8. 4–17. <http://epa.oszk.hu/00000/00035/00094/2005-07-ta-Tobbek-Fejleszto.html>

A FÉMKRISTÁLYOK MODELLEZÉSÉRE SZOLGÁLÓ BRAGG–NYE–LOMER-FÉLE BUBORÉKMODELL

Márki-Zay János
Hódmezővásárhely

Akik kiderítették hogyan történik a fémek képlékeny alakváltozása címmel a *Fizikai Szemle* januári számában ismertettük azt a küzdelmes és hosszú utat, amit a tudósok végigjártak a laikusok által ma is nehezen követhető folyamat titkainak feltárásáig. A tudományos kutatómunka nehézségét többnyire az okozza, hogy az okok feltárásához érzékszerveink, sőt gyakran műszereink által sem észlelhető mélységekbe kell kutakodnunk valamely folyamat megértéséhez. Miután sikerült feltárni az okokat, kezdetét veszi egy másik folyamat, amely során igyekszünk szélesebb körben is hozzáférést biztosítani az elért eredményekhez. Ez a folyamat egyben azt is jelenti, hogy a következő nemzedék már új, szilárdabb alapokról indulva folytathatja a kutatást és a korábbi eredmények hasznosítását.

A buborékmodell kidolgozói

A Bragg–Nye–Lomer-féle buborékmodell ismertetése előtt ismerkedjünk meg röviden a három névadó tudóssal!

William Lawrence Bragg (1890–1971), Nobel-díjjal kitüntetett tudós (1915-ben édesapjával, W. H. Braggal megosztva kapott Nobel-díjat a kristályszerkezet röntgensugármódszerrel való analízisének felfedezéséért) mindig fontos feladatának tartotta a tanítást is. Az Ausztráliában született tudós 1939-ben a magyar *Orowan Egon* kérésére jött Cambridge-be. A diszlokációk szerepének feltárását követően az oktatás számára is fontossá vált a folyamat modellezése. 1940 januárjában megjelentetett tanulmányában – amelyhez

1. ábra. William Lawrence Bragg, valamint tanítványai: John Frederick Nye és William Michael Lomer.

