

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, hazánkban a Szegedi Tudományegyetem Oktatásméleti Csoportja.

A nemzetközi munkacsoport célja, hogy Európában 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 gondolásait;
- 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:

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

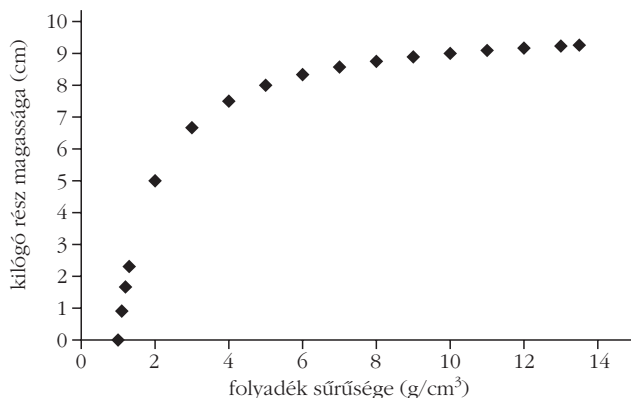
A feladat ebben az esetben *egy függvénykapcsolat feltárása, nem pedig egy egyszerű számítás megoldása*.

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.

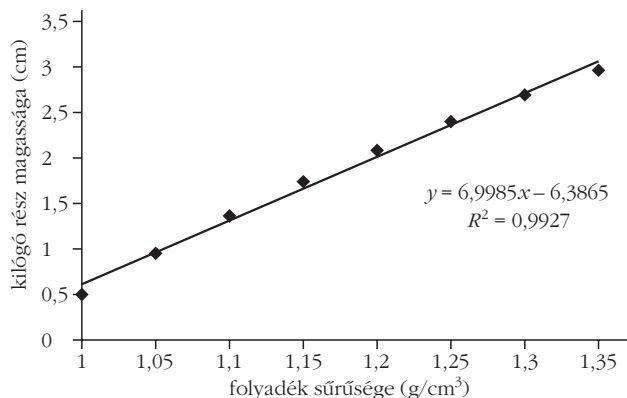
Legyen a „gyümölcstéglatest” b magassága 10 cm és ρ sűrűsége 1 g/cm^3 , ekkor

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

a ρ_f sűrűségű folyadékból kiemelkedő gyümölcscrész y magassága.



1. ábra. A kilógó rész magassága, ha az úszó test sűrűsége 1 g/cm^3 , 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: $0,95 \text{ g/cm}^3$, ekkor:

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

Az $y(\rho_f)$ függvényt ábrázolva látható, hogy a cukor/só adagolásával ténylegesen megvalósítható, $1-1,5 \text{ g/cm}^3$ sűrűségi tartományban a görbe nagyon jól közelíthető egyenessel (2. ábra). Az elméletileg számítható pontokhoz egyenest illesztettünk. További közelítésünk volt a gyümölcs alakja, amelyet téglalattestnek 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, $20 \text{ }^\circ\text{C}$ -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/cm^3 értéket, ahol már nem érvényes a lineáris közelítés (1. ábra).

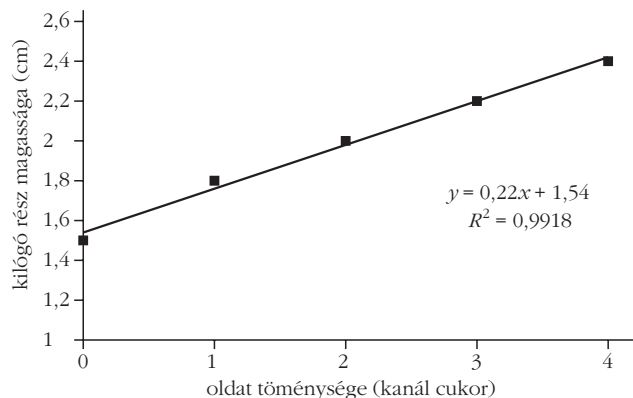
A gyümölcs nem „ugrik ki” a vizes oldatból, csak egyre nagyobb része fog kilógni. A kilógás értéke sem 0-ról indul, csak ha a gyümölcs/zöldség sűrűsége nagyobb vagy egyenlő a víznél (a burgonya például lesüllyed, található lebegő gyümölcs is). A mért görbe a teljes függvény első, lineáris tartományába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

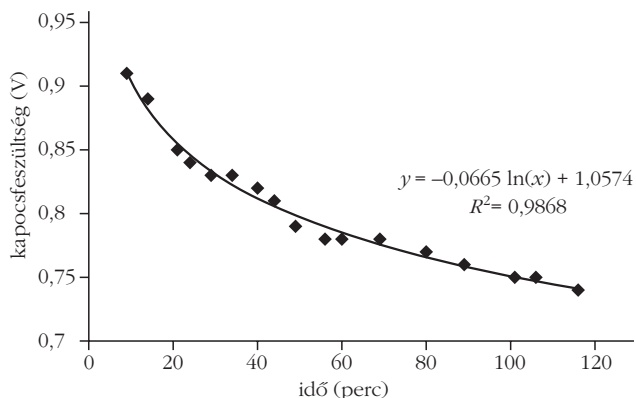
Az előzetes ismeretek feltárása

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 ismerve 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 leolvasásnál 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. Adorjánné 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>