

A 2009. szeptemberi országos fizika és kémia felmérésekről

A fizika- és a kémiatanítás eredményessége

Jelen írásban két reprezentatívnak minősíthető 2009-es adatgyűjtés eredményeiről számolok be. Vizsgálatainkban a műszaki felsőoktatásba beérkező hallgatók felkészültségének felmérését végeztük el fizika és kémia tantárgyakból több felsőoktatási intézmény bevonásával. Szándékunk az volt, hogy az oktatási kormányzat figyelmét felhívjuk a közoktatásban lezajlott negatív jelenségek kezelésének elodázhatalatlanságára, melyre egy széleskörű vizsgálat eredményei alkalmasak lehetnek, hiszen a deklarált célok között szerepel a műszaki-természettudományos végzettségű szakemberek képzésének kiemelt támogatása.

A felmérés megírásában minden olyan felsőoktatási intézmény részt vett, ahol fizika, kémia, illetve vegyészmérnök BSc képzés van, és több olyan intézmény, ahol mérnököket képeznek és a fizika alapvetően fontos a tanulmányok szempontjából, illetve ahol a kémia alapvetően fontos, mint például környezettan, környezetmérnök szakos hallgatók esetében.

2185 fő első éves fizika BSc-re, illetve különböző mérnöki szakokra jelentkezett hallgató, továbbá 1083 fő vegyész, illetve kémiaigényes szakokra jelentkező hallgató írt dolgozatot a regisztrációs héten. Írásomban az ezek eredményeiből levonható főbb következtetéseimet mutatom be, majd fogalmazok meg javaslatokat a közoktatás és a felsőoktatás számára.

A vizsgálat célkitűzései

Vizsgálataink fő célkitűzései az alábbiakban foglalhatók össze:

Annak vizsgálata, hogy a felsőoktatásba belépő hallgatók milyen tudásszinttel érkeziknek, és az megfelelő-e a választott szak követelményeinek.

Annak vizsgálata, hogy a felvételi pontszám megfelelő információt ad-e a hallgatók tudásáról.

Korábbi következtetéseink ellenőrzése, további empirikus adatokkal való alátámasztása. 2006-tól végzek felméréseket a beérkező első éves hallgatók fizika tudásával kapcsolatban. Egyre nagyobb mintán vizsgáltam meg a felsőoktatást éppen csak elkezdő hallgatók szaktárgyi tudását.

A vizsgálat kiterjesztése a kémia tudásra különböző szakok esetében.

A vizsgálatok lebonyolítása

A hallgatók egy 60 perces dolgozatot írtak a regisztrációs hét folyamán, tehát abban az időben, amikor a felsőoktatási intézmény még nem „avatkozott bele” a képzésbe. A kérdések összeállításánál azt tartottuk szem előtt, hogy a felsőoktatás számára fontos, a sikeres előrehaladáshoz szükséges tudásanyag meglétét vizsgáljuk meg, amelynek során kifejezetten a középiskolából hozott, ott elsajátítandó ismereteket kívántuk feltérképezni. A *Függvénytáblázat*ot nem használhatták a hallgatók, mivel azt is szerettük volna meg-

tudni, hogy a legfontosabb összefüggéseket ismerik-e. De természetesen ahol adatokra volt szükség, azokat megadtuk a feladatban.

Az előkészítés során a feladatlapot központilag készítettük el, melyhez részletes megoldási, javítási útmutatót is mellékelünk, hogy a pontozás, amennyire lehetséges, egyforma szempontok szerint történjen. Minden intézmény saját maga szervezte a dolgozók megíratását és javítását az egységes útmutató alapján. A kollégák az eredményeket egy központilag előkészített Excel táblában rögzítették, majd ezeket küldték vissza nekünk feldolgozásra.

A kiértékelés módszere

Az adatok feldolgozása Excel táblázatkezelő program segítségével történt. A dolgozók megoldásait a demográfiai adatokkal együtt numerikusan kódoltuk egy táblázatban. A kiértékeléshez szükséges válogatásokat, összesítéseket, átlagokat az előre programozott makrók segítségével végeztük el. Összesen 20 (kémia), illetve 16 (fizika) csoport írta meg a dolgozatot, a kollégák ennyi kitöltött Excel fájlt küldtek. Ezeket én külön-külön is egyenként kiértékeltem, és néhány grafikonnal, szöveges elemzéssel együtt visszaküldtem a kollégáknak további elemzésre, illetve a táblázat statisztikai része segítségével további összefüggések is vizsgálhatók voltak.

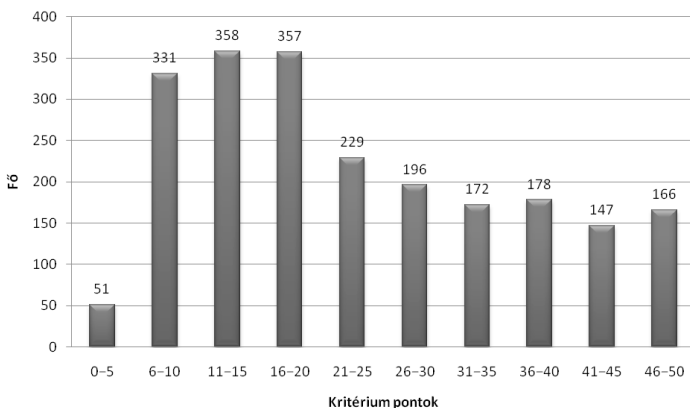
Az adatgyűjtés és kiértékelés, a 2008-as vizsgálatához (Radnóti, 2009a, 2009b; Radnóti és Pipek, 2009) hasonlóan, társadalmi munkában készült, melyben nagyon sokan vettek részt. Dolgoztak az egyes intézmények oktatói, hallgatói, sok olyan személy, akinek még a nevét sem ismerem, de fontosnak tartották a felmérés sikeres lebonyolítását. Ezért csak néhányukat emelem ki, akik az úgynevezett „összekötők” voltak, illetve a feldolgozásban, szervezésben tevékenykedtek. (1)

A fizika felmérő eredményei

A dolgozat felépítése a következő volt:

- 14 darab tesztes kérdés 28 pont
- 2 számításos feladat (8+14) 22 pont

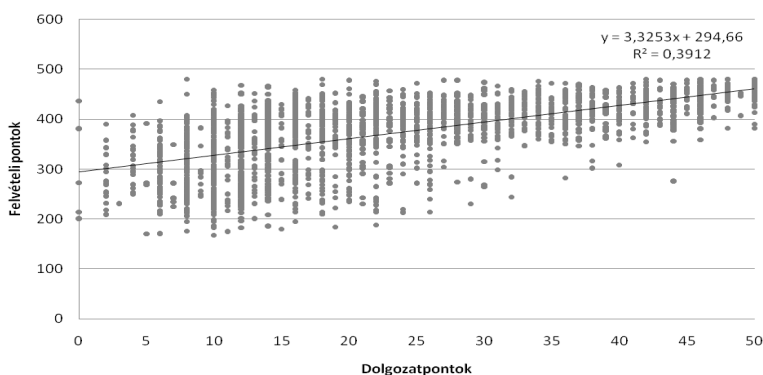
A dolgozatra maximálisan 50 pontot lehetett szerezni. Az eredmények eloszlása az 1. ábrán látható.



1. ábra. A felsőoktatásba belépő hallgatók fizikatudása

Amint az eloszlásból látható, a dolgozat elég gyengén sikerült. A teljesítési átlag 47 százalék.

Elemzésünk során több háttérváltozó függvényében is vizsgáltunk a tanulói teljesítményeket, többek közt azt is, hogy a hallgatók milyen pontszámmal érkeznek a felsőoktatásba. A felvételi pontok és a dolgozatban elért pontok összefüggései a 2. ábrán láthatók.



2. ábra. A hallgatók által hozott felvételi pontszámok és a fizikadolgozatban elért pontok összefüggése

A 2. ábra a felmérésben részt vett összes hallgató összetartozó pontpár-értékeit mutatja. Azt találtuk, hogy a magas felvételi pontszámokkal érkező hallgatók nagyon jó, de nagyon rossz teljesítményt is tudnak a felmérésben nyújtani. A felmérő során mért eredmények rámutatnak a felvételi rendszer visszáságaira. Erősen kérdéses, hogy a magas felvételi pontszám vajon mér-e egyáltalán valamit.

A továbbiakban az egyik fizika feladatot elemezzük picit részletesebben, mely szerepelt a 2009-es Szilárd Leó Verseny elődöntőjében (*Cid* és *Cid*, 2009).

Korunk egyik legnagyobb műszaki teljesítményének számító, a CERN-ben megépített LHC (Large Hadron Collider = Nagy hadron ütköztető) gyorsítóját az elmúlt évben kapcsolták be először. A tervek szerint a föld alá helyezett kör alakú 26,7 km kerületű gyorsítóban 7 TeV (tera = 10^{12}) energiájú protonok fognak keringeni és ütközni. A teljes kerület mentén 2808 csomagban keringenek a protonok. Egy csomagban $1,15 \cdot 10^{11}$ darab proton van. ($1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$)

Mekkora egy protoncsomag teljes energiája?

Ha egy 150 kg tömegű kismotor ekkora mozgási energiával rendelkezne, mekkora sebességgel mozogna?

Mekkora a teljes kerület mentén mozgó protonok energiája?

Mekkora tömegű 25°C fokos aranytömböt lehetne megolvasztani ekkora energiával?

Adatok: az arany fajhője 126 J/kg°C, olvadáspontja: 1337,6 K, olvadáshője 64,9 kJ/kg.

(14 pont)

Megoldás:

a) $7 \text{ TeV} = 7 \cdot 10^{12} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 1,12 \cdot 10^{-6} \text{ J}$ egy darab részecske energiája.

Egy csomag energiája tehát: $1,12 \cdot 10^{-6} \text{ J} \cdot 1,15 \cdot 10^{11} = \underline{1,29 \cdot 10^5 \text{ J}}$.

(2 pont).

b.) A kismotor sebessége $v = \sqrt{\frac{2E}{m}} = \underline{41,47 \text{ m/s} \sim 149 \text{ km/h}}$. (5 pont).

c.) A teljes kerület mentén mozgó összes proton energiája:

$$E_{\text{össz}} = 1,29 \cdot 10^5 \text{ J} \cdot 2808 = \underline{362,2 \text{ MJ}}$$

(2 pont).

$$E_{\text{össz}} = c \cdot m \cdot \Delta T + L \cdot m, \text{ amiből kapjuk: } m = \frac{E_{\text{össz}}}{c \cdot \Delta T + L} = 1849 \text{ kg.} \quad (5 \text{ pont}).$$

A feladat megoldása 35,1 százalékban volt sikeres. 820 fő nem foglalkozott a feladattal, nulla pontot kaptak. Ők 25,4 százalékosra írták a dolgozatot. 292 fő megoldása teljesen jó volt, maximális pontszámot kaptak. Ezek a hallgatók 86,3 százalékosra írták meg a dolgozatot.

A feladat megoldása kapcsán nagyon sok érdekes hiba és tévképzet jelent meg:

Többen nem tudták helyesen a mozgási energia képletét, elfelejtettek 2-vel osztani.

Volt, aki a sebességet az $F = m \cdot a$ összefüggésből akarta kiszámolni, majd ebből kifejezte a „sebességet”, $v = F/m$ -ként. De szerepelt $F = v \cdot m$ képlet is. Találkoztam $E = m \cdot a$, $F = m \cdot v^2 / 2$ illetve $F = m \cdot v^2$ összefüggésekkel is, de a centripetális erő képletével is (mely valójában nem is külön erő, hiszen sokféle kölcsönhatás során jöhet létre körmozgás), melyek mindegyike azt mutatja, hogy a hallgatók az energia fogalmát az erővel keverik. Többen keverték a mértékegységeket is, mint J és N. Volt, aki le is írta, hogy $F_{\text{mozg.}} = E_1$ és N a mértékegysége. Továbbá szerepelt a $E_{\text{mozg.}} = a \cdot m \cdot g$ összefüggés is.

Nagyon sokan voltak, akiknél a mozgási energia $m \cdot v$, vagyis az energia fogalma teljes mértékben keveredik az impulzus fogalommal. Ennek a ténynek az az érdekessége, hogy ezt a korábbi kutatások során csak kvalitatív, szöveges megfogalmazások esetében vizsgálták, esetünkben pedig számítási feladatok esetében került elő ez a probléma.

Az olvadáshőről nagyon sokan elfeledkeztek, csak felmelegítették az aranyat az olvadáspontjára.

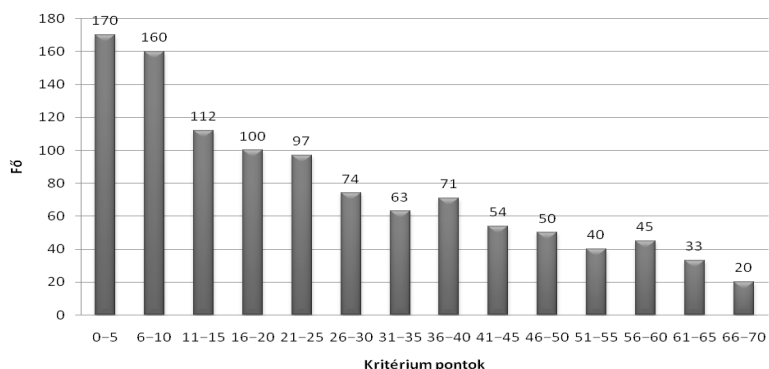
Mint azt a bevezetőben írtuk, a *Függvénytáblázat*ot nem használhatták a diákok. Ha engedték volna, akkor minden bizonnyal kikeresték volna a megfelelő összefüggéseket. Ellenben így azt is láthatjuk, hogy mennyire keverednek a diákok fejében a különböző fogalmak.

A fizikai témájú szakmódszertani irodalom jelentős része foglalkozik a tanulók tévképzeivel, illetve a fogalmak fejlődésének útjával, a fogalmak differenciálódásával a tanulók fejében (*Radnóti és Nahalka, 2002*). Az egyik megállapítás szerint a fizikai világra vonatkozó, úgynevezett gyermektudományi jelenségek megismerése során rendkívül fontosnak bizonyult az a felismerés, hogy a fizikai (és más természettudományi) fogalmak a gyerekekben lényegében két „fogalommasszából”, két differenciálatlan „ősfogalomból” alakulnak ki. A fizikához talán közelebb áll, ha „statikus” és „dinamikus” fogalomrendszerekről írunk. Jelen esetben a dinamikusak fontosak számunkra az alábbi jelenségek értelmezéséhez. Olyan fogalmak tartoznak ide, mint az erő, a mozgás, a gyorsaság (később a sebesség, a gyorsulás), a nyomás, az energia, a hő és a hőmérséklet. A fenti, a hallgatói dolgozatokból származó példák azt mutatják, hogy az energia, impulzus, erő fogalmak differenciálódása sok hallgató esetében még nem történt meg, mely alapvető fontosságú a velük való további foglalkozások (felzárkózató) tematikájának összeállításához.

0 pontos dolgozat kevés, mindössze 5 darab volt, mely a tesztés jellegnek tudható be. Maximális pontszámot, vagyis 50 pontot mindössze 34 hallgató ért el.

A kémia felmérő eredményei

A dolgozat 10 kérdést, illetve feladatot tartalmazott, melyek szerkezete, témája változatos volt. Szerepeltek egyszerű kérdések, mint vegyületek képletének leírása, táblázat-kitöltés, elektronszerkezet felírása, egyenletírás, hagyományos számítási feladatok, gondolkodtató, probléma típusú kérdések. Mindösszesen 70 pontot lehetett elérni.

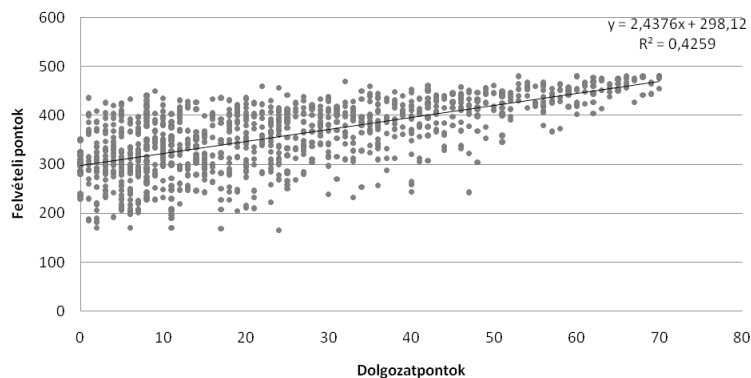


3. ábra. A felsőoktatásba belépő hallgatók kémiatudása

Amint az a 3. ábrán látható, a dolgozat meglehetősen gyengén sikerült, rosszabbul, mint a fizika dolgozatok. A teljesítési átlag 35 százalék.

A fizikához hasonlóan az elemzés során több háttérváltozó függvényében is vizsgáltunk a tanulói teljesítményeket, többek közt azt is, hogy a hallgatók milyen pontszámmal érkeznek a felsőoktatásba.

A felvételi pontok és a dolgozatban elért pontok összefüggései a 4. ábrán láthatók.



4. ábra. A hallgatók által hozott felvételi pontszámok és a kémiadolgozatban elért pontok összefüggése

Az ábra teljesen hasonló, mint a fizika esetében, vagyis azt láthatjuk, hogy a felvételi pontszám nem sok információt ad a diákok tudásáról.

Példaként a következő kérdést mutatom be:

Hány gramm víz keletkezhet, ha egy 10 g hidrogéngázt és 32 g oxigéngázt tartalmazó gázelegyet meggyújtunk?.....

2 pont

Ez az egyszerűnek látszó feladat éppen a kémiai jellegű gondolkodás lényegét ragadja meg, nevezetesen, hogy képes-e a diák részecskékben gondolkodni. Rájön-e arra, hogy a hidrogénmolekulákból van jóval több, tehát az lesz feleslegben (6 g), annak dacára, hogy kevesebb a hidrogén tömege. De a kémiai reakciók esetében nem a tömeg a lényeges, hanem a részecskék darabszáma, a részecskék találkozása. A *Mentor Magazin* folyóirat egyik számában a következő olvasható, ahogy egy diáktól találóan megfogalmazta: „a kémia a sikeres randevú tudománya”.

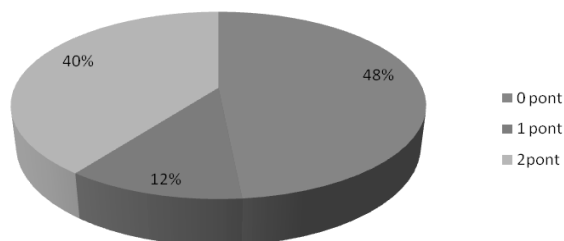
Azért is érdekes a feladat megoldottságának vizsgálata, mivel itt valószínűleg tetten érhetjük a tömegmegmaradás törvényének helytelen tanításából adódó hibás megoldásokat: egyszerűen összeadják a hidrogéngáz és az oxigéngáz tömegét.

Sajnos, a kémiakönyvek többségében a tömegmegmaradás törvényét valahogy így fogalmazzák meg: a kémiai reakciókban a kiindulási anyagok tömege megegyezik a termékek tömegével – ami csak akkor igaz, ha az anyagok

- (1) sztöchiometrikus arányban vannak jelen;
- (2) teljes mértékű az átalakulás (Tóth és Radnóti, 2009).

A feladat ténylegesen többeknek nehézséget okozott, mivel a 1089 hallgató közül 528-an kaptak nulla pontot, ami a hallgatók 48,5 százaléka. Mindössze 45,7 százalékos a megoldottság.

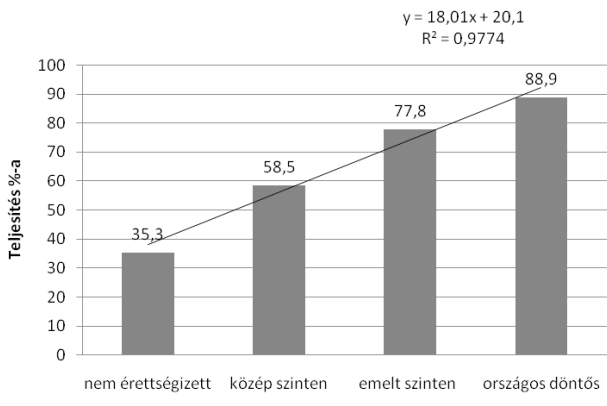
Az 528 nulla pontos hallgató összteljesítménye 20,8 százalék.



5. ábra. Vízképződési feladat eredménye

Maximális pontszámú, 70 pontos dolgozat összesen 6 volt, míg 0 pontos 20 darab.

Vizsgáltuk a tanulók teljesítményét az érettségi és a tanulmányi versenyek összefüggésében is.



6. ábra. Az érettségi, a tanulmányi verseny és a dolgozaton elért pontok közötti összefüggés a fizika dolgozatok esetében.

Fenti ábrákkal az érettségi és a tanulmányi versenyek jelentőségét szeretnénk bemutatni. Azt láthatjuk, hogy azok a diákok, akik versenyeken vesznek részt, sokkal jobban teljesítenek, tehát a diákokat érdemes versenyeztetni! Ez a kép teljesen hasonló a fizika és a kémia esetében, továbbá a 2008-as felmérés esetében kaptattal.

Azok a diákok, akik versenyekre készülnek, külön munkában is sokat foglalkoznak a tananyaggal, és ez még akkor is hasznos, ha esetleg nem érnek el semmilyen eredményt. Ez a tény pedig egészen biztosan pozitívan befolyásolja azt, hogy választott felsőoktatási intézményükben miként tudnak majd helytállni. Vagyis a tanulmányi versenyek támogatása egészen biztosan jó befektetés!

A felmérések tapasztalatainak összefoglalása

Az adatok alapján el lehetne készíteni az egyes egyetemek és főiskolák azonos szakjai közötti ragsort is, amely a dékánokat biztosan érdekelné, de a felmérés kizárólag szakmai céllal készült. Munkámmal nem szeretnék az oktatási intézmények közti bármiféle rivalizálásnak teret engedni. Kisebb-nagyobb mértékben minden felsőoktatási intézményben azonosak a problémák.

Az adatok alapján leszűrhető legfontosabb tapasztalat az, hogy a diákok jelentős része nem érkezik választott szakja eredményes tanulásához feltétlenül szükséges előismeretekkel. Azoknak a hallgatóknak pedig, akiknek nem fő szakjuk a fizika vagy a kémia, de tanulmányaikhoz elengedhetetlenül szükségesek lennének ezen ismeretek, nyugodtan kimondhatjuk, jelentős részük katasztrofálisan kevés előismerettel rendelkezik.

Az általunk vizsgált szakok egy részére nagyon alacsony pontszámmal is be lehet kerülni. Adatinkból az látható, hogy az alacsony pontszámmal érkező hallgatók tudásszintje egyértelműen alacsony. Ugyanez mondható el sajnos a magas pontszámmal érkező hallgatók egy részéről is, amint azt több ábrán is szemléltettünk. Vagyis gyakorlatilag a felvételi pontszám semmilyen információt nem ad sem a felsőoktatási intézmény számára, de magának a hallgatónak sem arról, hogy rendelkezik-e vajon a választott szak elvégzéséhez szükséges előzetes tudással. Ezzel sok hallgató és intézmény csak akkor szembe-sül, amikor megírták az első dolgozatot.

Egyértelmű kapcsolat mutatkozott minden felmérés esetében az érettségi vizsgák, a tanulmányi versenyek és a hallgatók tudásszintje összefüggésében.

Fenti tapasztalataink nem újak, hiszen, mint a cikk elején említettem, évek óta vizsgáltuk a belépő hallgatók tudásszintjét különböző szempontok szerint.

Javaslatok

A rossz teljesítmény hosszú időre és sok okra vezethető vissza. Én kizárólag szakmai szempontok alapján csak néhányat szeretnék kiemelni, melyek rövid távon orvosolhatóak lennének:

Az eredmények az érettségi vizsga és a tanulmányi versenyek jelentőségét mutatják. Azt láthatjuk, hogy azok a diákok, akik tanulmányi versenyeken vettek részt, sokkal jobban teljesítenek. Tehát a diákokat az érettségire való felkészítés mellett érdemes versenyeztetni is! Javasoljuk, hogy az a diák, aki rangos tanulmányi versenyen (OKTV, Diákolimpia stb.) (az OKM által meghatározott kritériumok alapján) eredményes, szakirányának megfelelő felsőoktatási helyre mehessen rögtön, például kapjon 480 pontot. Ez komoly ösztönzést jelentene a diákok számára.

Javasolom a felvételi pontszámok szakspecifikus számítását, mivel jelen formájában nem tükrözi a diákok olyan jellegű előzetes tudását, mely szükséges lenne választott szakjuk eredményes elvégzéséhez.

A szakirányú érettségi bevezetése a felsőoktatási felvételhez, a felsőoktatási intézmények azonos mértékű (!) finanszírozása mellett.

Fontos lenne a gyerekekben a természettudományos érdeklődés felkeltése, nem csak a tanórák keretében (ahol a tanrend szerint kell haladni, mely a gyerekek számára sokszor unalmas), hanem természettudományos hetek szervezésével, neves előadók meghívásá-

val, különböző neves tudósok évfordulójának megünneplésével, egyetemi látogatásokkal, stb.

Ügynevezett reál osztályok létrehozása, az OKNT ad hoc Bizottsága 2008-as javaslatának megfelelően (Radnóti, 2009a, 2009b), a tanárok nagyobb ösztönzése akár anyagilag is, az iskolai szertárfejlesztés segítése, a fenti céloknak megfelelő pályázatok kiírása.

A különböző szaktárgyakhoz kapcsolódó tanulmányi versenyek támogatása, mely magába foglalja a diákok felkészítését, a diákok tanári kísérésének díjazását, a verseny szervezési, lebonyolítási költségeit.

A témáról további információk, grafikonok és elemzések olvashatók honlapomon. (2)

További feladatok

A fizika tudás országos felmérése megtörtént két egymást követő évben, másodsorra kibővített mintával. A tapasztalatok hasonlóak voltak. A kémia esetében csak 2009-ben volt országos mérés, ezért 2010-ben újabb felmérést végzünk. Célkitűzéseink a következők:

A korábbi eredmények ellenőrzése, megbízhatósága.

A kémiaoktatás továbbtanulási vonatkozásainak feltárása.

A minta kibővítése orvosi, gyógyszerész, mezőgazdasági területekre, mivel ők 2009-ben nem szerepeltek a felmérésben. Ugyanis azt találtuk, hogy mintánkba viszonylag kevés került be az emelt szinten kémiából érettségizettek közül annak ellenére, hogy minden vegyész, illetve vegyészmérnöki szakot kezdő diákot bevontuk a vizsgálatba. Hipotézisünk szerint a „hiányzók” valószínűleg a fenti területekre mentek. Kérdés, hogy arányuk milyen a tavaly vizsgált területekkel való összehasonlításban.

Különböző nemenkénti összefüggéseket szeretnénk vizsgálni mind létszámok, tehát továbbtanulási szándékok, mind tudásszint vonatkozásban. Ezen a területen a 2009-es mérés során elég érdekes és furcsa, néhol ellentmondásos eredményeket kaptunk, ezért nem is említettem ezeket a cikkben.

Jegyzet

(1) Külön köszönetet mondok Dr. Király Bélának (NYME), aki több éven keresztül a számítógépes feldolgozásban, szerkesztésben és egyéb szakmai munkában nyújtott komoly segítségért. A további főbb résztvevők: Dr. Pipek János (BMGE TTK); Dr. Homonnay Zoltán (ELTE); Dr. Róka András (ELTE TTK); Dr. Szalay Luca (ELTE TTK); Dr. Rác Krisztina (ELTE TTK); Dr. Rózahegyi Márta (ELTE

TTK); Dr. Nyulászi László (BMGE VBK); Németh Veronika (SZTE TTK); Dr. Bárdos Erzsébet (PE); Dr. Tóth Zoltán (DE); Dr. Erostyák János (PTE); Dr. Tevesz Gábor (BME VIK).

(2) http://members.iif.hu/rad8012/index_elemei/kriterium.htm

Irodalom

Cid, R. és Cid, X. (2009): Taking energy to the physics classroom from the Large Hadron Collider at CERN. *Physics Education*, **44**. 1. sz. 78–83.

Radnóti Katalin (2009a): Néhány gondolat a TIMSS-2007-es vizsgálat eredményeihez és interpretációjához. *Iskolakultúra*, **19**. 7–8. sz. 14–26.

Radnóti Katalin (2009b): A természettudományi nevelés és a fizikaoktatás helyzete a 2008-as tanári felmérés tükrében. *Új Pedagógiai Szemle*, 3. sz. 3–17.

Radnóti Katalin és Nahalka István (2002, szerk.): *A fizikatanítás pedagógiája*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.

Radnóti Katalin és Pipek János (2009): A fizikatanítás eredményessége a közoktatásban. *Fizikai Szemle*, **59**. 3. sz. 107–113.

Tóth Zoltán és Radnóti Katalin (2009): Elsőéves BSc-hallgatók sikeressége egy meghatározó reagenssel kapcsolatos számítási feladat megoldásában. *Közéiskolai Kémiai Lapok*, **36**. 5. sz. 375–390.

Radnóti Katalin

ELTE, TTK, Fizikai Intézet