

# A fizika- és a kémiatanítás eredményessége

*Dr. Radnóti Katalin*

ELTE TTK Fizikai Intézet, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A, +361 208 2927

2009-ben két reprezentációnak minősíthető adatgyűjtést végeztünk. Jelen írásban ezekről számolok be.

Vizsgálatainkban a műszaki felsőoktatásba beérkező hallgatók felkészültségének felmérését végeztük el fizika és kémia tantárgyakból, mivel egy ilyen jellegű, több felsőoktatási intézményben is elvégzett, széleskörű vizsgálat alkalmas lehet arra, hogy az oktatási kormányzat figyelmét felhívja a közoktatásban lezajlott negatív jelenségek kezelésének elodázhatatlanságára, hiszen a deklarált célok között szerepel a műszaki-természettudományos végzettségű szakemberek képzésének kiemelt támogatása.

A felmérése 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 pl. környezettan, környezetmérnök szakos hallgatók esetében.

## A vizsgálat célkitűzései

- Annak vizsgálata, hogy a felsőoktatásba belépő hallgatók milyen tudásszinttel érkeznek, 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.
- 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. A dolgozat kifejezetten a középiskolából hozott, ott elsajátítandó ismereteket térképezte fel. A Függvénytáblázatot nem használhatták a hallgatók, mivel azt is szerettük volna megtudni, hogy a legfontosabb összefüggéseket ismerik-e. Ahol adatokra volt szükség, azokat megadtuk a feladatban.

Az előkészítés során a feladatlap központilag készült el, valamint ehhez részletes megoldási, javítási útmutatót is mellékelünk, hogy a pontozás, amennyire lehetséges, egyforma szempontok szerint történjen. Minden intézmény saját maga szervezte a dolgozatok megírását és javítását az egységes útmutató alapján. A kollégák az eredményeket egy központilag előkészített Excel táblában rögzítették és ezeket küldték vissza feldolgozásra.

## A kiértékelés módszere

Az adatok feldolgozása Excel táblázatkezelő program segítségével történt. A dolgozatok megoldásait a demográfiai adatokkal együtt egy táblázatban numerikusan kódoltuk. 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 Excel fájlt küldtek. Ezeket mind külön – külön is kiértékeltem és néhány grafikonnal, szöveges elemzéssel együtt visszaküldtem a kollégáknak további elemzésre, illetve a táblázat statisztikai része segítségével további összefüggések is vizsgálhatók voltak.

## Résztvevők

Az adatgyűjtés és kiértékelés - a 2008-as vizsgálatához hasonlóan [1], [2], [4] - 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 felmérésünk sikeres lebonyolítását. Ezért csak néhányukat emelném ki, akik az úgynevezett „összekötők” voltak, illetve a feldolgozásban, szervezésben tevékenykedtek.

Külön köszönetet mondok Dr. Király Bélának (NYME), aki több éven keresztül a számítógépes feldolgozásban, szerkesztésben és egyéb szakmai munkában nyújtott komoly segítséget.

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. Rózsahegyi 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)

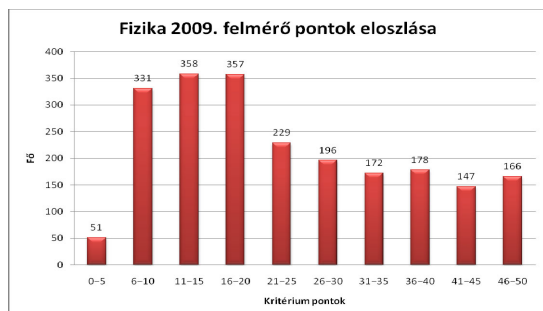
A cikk további részében a részletes kiértékelésből mutatok be néhány jellegzetes adatot.

## 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.

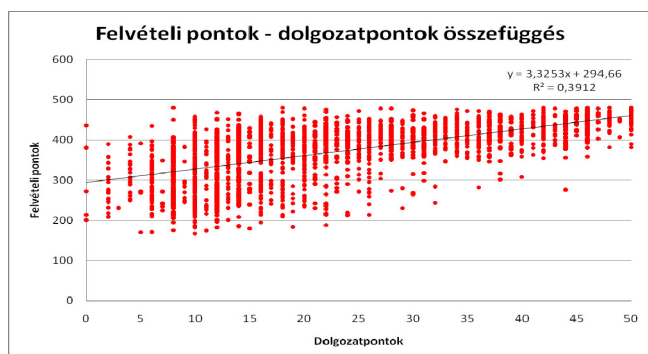


1. ábra: A felsőoktatásba belépő hallgatók fizikatudása

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

Elemzésünk során több háttérváltozó függvényében is vizsgáltuk 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. [3]

### Feladat

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  $1,15 \times 10^{11}$  darab proton van. ( $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ )

- a.) Mekkora egy protoncsomag teljes energiája?
- b.) Ha egy 150 kg tömegű kismotor ekkora mozgási energiával rendelkezik, mekkora sebességgel mozogna?
- c.) Mekkora a teljes kerület mentén mozgó protonok energiája?
- d.) Mekkora tömegű 25°C fokos aranytömböt lehetne megolvasztani ekkora energiával?

Adatok: az arany fajhője  $126 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ , olvadáspontja:  $1337,6 \text{ K}$ , olvadáshője  $64,9 \text{ kJ/kg}$ .

(14 pont)

### Megoldás

a.)

Egy darab részecske energiája:

$$7 \text{ TeV} = 7 \times 1,6 \cdot 10^{-19} = 1,12 \cdot 10^{-6} \text{ J}$$

Egy csomag energiája tehát:

$$1,12 \cdot 10^{-6} \text{ J} \times 1,15 \cdot 10^{11} = \underline{1,29 \cdot 10^5 \text{ J}}$$

(2 pont)

b.)

A kismotor sebessége

$$v = \sqrt{\frac{2E}{m}} = \sqrt{\frac{2,58 \cdot 10^5}{150}} = \underline{41,47 \text{ m/s} \sim 149 \text{ km/h}}$$

(5 pont)

c.)

A teljes kerület mentén mozgó összes proton energiája:

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

(2 pont)

d.)

$$E_{\text{össz}} = c \cdot m \cdot \Delta T + L \cdot m,$$

amiből kapjuk:

$$m = \frac{E_{\text{össz}}}{c \cdot \Delta T + L} = \underline{1849 \text{ kg}}$$

(5 pont)

A feladat megoldása 35,1%-ban volt sikeres. 820 fő nem foglalkozott a feladattal, nulla pontot kaptak. Ők átlagosan 25,4%-osra írták a dolgozatot. 292 fő megoldása teljesen jó volt, maximális pontszámot kaptak. Ezek a hallgatók átlagosan 86,3%-osra 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  $F_{mozg.} = E_1$  és N a mértékegysége. Továbbá szerepelt a  $E_{mozg.} = a \cdot m \cdot g$  összefüggés is.
- Nagyon sokan voltak, akinél 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 számításhoz feladatok esetében került elő ez a probléma.
- Az olvadáshőről nagyon sokan elfeledkeztek, csak felmelegítették az aranyat az olvadáspontjára.

Mint azt a bevezetőben írtuk, a Függvénytáblázatot 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.

0 pontos dolgozat kevés, mindössze 5 darab volt, mely a tesztés jellegnek tudható be.

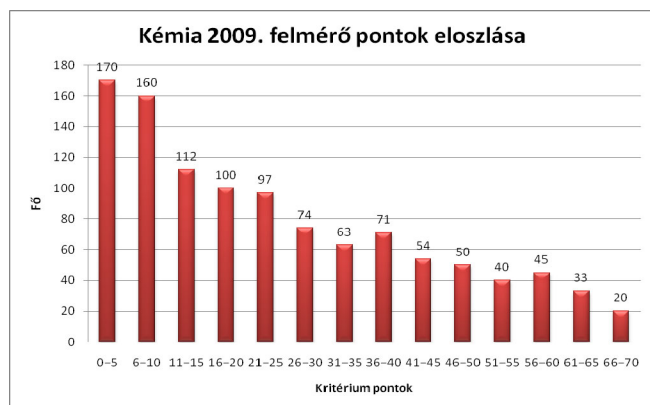
Maximális pontszámot, vagyis 50 pontot mindössze 34 hallgató ért el.

## A kémia felmérő eredményei

### A dolgozat szerkezete

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

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



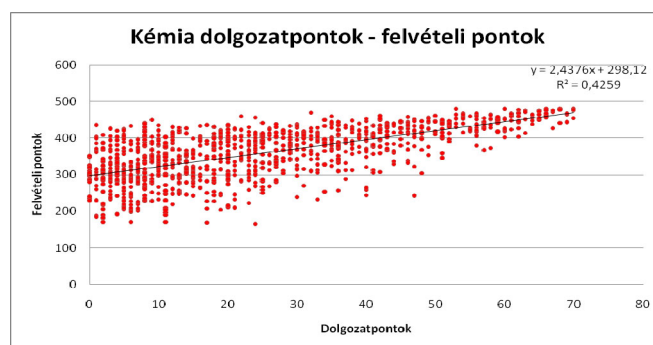
3. ábra: A felsőoktatásba belépő hallgatók kémiatudása

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

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

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

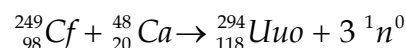
Példaként az utolsó kérdést mutatjuk be, mivel az a fizikához hasonlóan nukleáris téma volt. A feladat célja az volt, hogy meg lehessen tudni, hogy kik azok a diákok, akik ténylegesen - mintegy alkotó módon - képesek alkalmazni megszerzett tudásukat, képesek a kreatív gondolkodásra szokatlan kérdések esetében. Jelen esetben jól értik-e a periódusos rendszert, tudják-e használni az atomok szerkezetéről szerzett ismereteiket. A feladatot Sükösd Csaba találta ki, és szerepelt a 2009. évi Szilárd Leó Verseny döntőjében.



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

### Feladat

2002-ben Dubnában (Oroszország) a Flerov Laboratóriumban egy orosz-amerikai közös kutatócsoportnak sikerült előállítani a 118 rendszámú szupernehéz elemet, amelyet Ununoctium-nak neveznek. Nem túl nagy mennyiségben: 2002 tavaszán egyetlen atomot, 2005-ben további két atomot. Az előállítás a következő atommag-reakcióval sikerült.



Kémiai szempontból milyen lenne az ununoctium, ha sikerülne nagy mennyiségben előállítani? (Milyen lenne a halmazállapota normál nyomáson és hőmérsékleten, milyen lenne a kémiai reakcióképessége, milyen ismert kémiai elemhez lehetne hasonlítani)? Milyen lehet az elektronszerkezete?

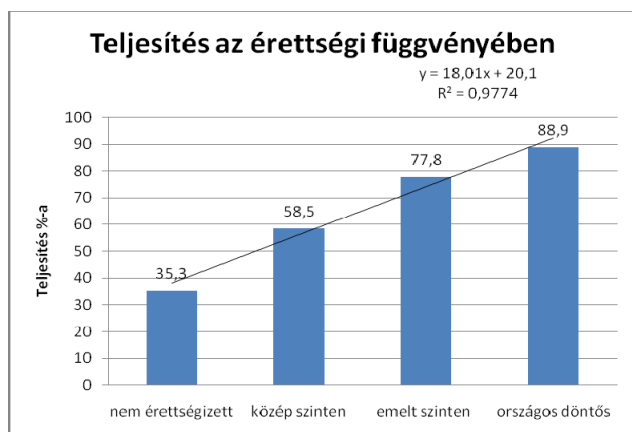
Indokolja válaszát!

(4 pont)

Megoldottsága 17,7 %. 73 fő adott teljesen jó választ, miszerint a radon alatt helyezkedne el, tehát nemesgáz lenne.

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.



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

Fenti ábránkkal 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 kapottal.

Azok a diákok, akik versenyekre készülnek pluszban is sokat foglalkoznak a tananyaggal, és ez még akkor is így van, ha netán nem érnek el semmilyen eredményt. És ez egészen biztosan pozitívan befolyásolja azt, hogy választott felsőoktatási intézményükben miként tudnak majd helytállni! Vagyis a tanulmányi versenyek támogatása egészen biztos jó befektetés!

## 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, pl. kapjon 480 pontot. Ez komoly ösztönzést jelentene a diákok számára.
- Javaslom 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 meghívásával, különböző neves tudósok évfordulójának megünneplésével, egyetemi látogatásokkal, stb.
- Úgynevezett reál osztályok létrehozása, az OKNT ad hoc Bizottság 2008-as javaslatának megfelelően [4], 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 magában foglalja a diákok felkészítését, a diákok tanári kísérésének díjazását, a verseny szervezési, lebonyolítási költségeit.

## Irodalomjegyzék

- [1] Radnóti Katalin (2009): A fizikatanítás helyzete és eredményessége. Nukleon. 2009. január 23. II. évfolyam, <http://mnt.kfki.hu/Nukleon/>
- [2] Radnóti Katalin – Pipek János (2009): A fizikatanítás eredményessége a közoktatásban. Fizikai Szemle. LIX. évfolyam 3. szám 107-113. oldal
- [3] Cid, R. – Cid, X. (2009): Taking energy to the physics classroom from the Large Hadron Collider at CERN. Physics Education. 44/1. 78-83. p.
- [4] Radnóti Katalin (2009): A természettudományi nevelés és a fizikaoktatás helyzete a 2008-as tanári felmérés tükrében. Új Pedagógiai Szemle. 2009/3. szám 3-17 oldal