

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI NEVELÉS PROBLÉMÁI, A TANÁRKÉPZÉS VÁLSÁGA

RADNÓTI KATALIN

az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Karának
főiskolai tanára
rad8012@helka.iif.hu

A tanulmány több, a témával kapcsolatban végzett adatgyűjtés eredményeiről ad áttekintést. Bemutatja egy, 2008 nyarán a természettudományi nevelés jelenlegi helyzetéről készült részletes jelentés főbb megállapításait, kitér a pályán lévő tanárok és a tanárképzésbe jelentkező hallgatók számának alakulására és ennek következményeire. A természettudományi nevelés évek óta egyik legproblemátikusabb területe a fizika és a kémia tantárgyak tanításának eredményessége, ezért a tanulmány elemzi egy másik, 2009 szeptemberében végzett, több ezer természettudományos és műszaki szakokra belépő hallgató tudásszintjét vizsgáló felmérés eredményeit fizika és kémia tantárgyakból.

A természettudományos nevelés helyzetéről

A fizika és a kémia, mint iskolai tantárgyak meglehetősen nehéz helyzetben vannak napjaink közoktatásában. A rendszerváltást követő években fokozatosan csökkent óraszámuk, megszűnt a fizika kötelezően pontvivő jellege a felsőoktatási felvételik kapcsán. Ugyanakkor napjaink technicizált világában, amelynek termékei elsősorban az említett természettudományi területeken tett különböző felfedezéseknek köszönhetik létüket, ezek a tantárgyak fokozatosan visszaszorultak. Ezek a tantárgyak a tanulók körében sem népszerűek, aminek okairól megoszlanak a vélemények. Jelentős az a nézet, amely szerint a fenti tantárgyak minden bizonnyal erősen gondolkodásigényesek, illetve, hogy a tanításból hiányoznak a kísérletek. E tantárgyak tanítása nem könnyű feladat. Az utóbbi években a tanárok munkakörülményei jelentősen romlottak, hiszen csökkent a jövedelmük, megnőtt a kötelező óraszám stb. A következőkben az Országos Köznevelési Tanács (OKNT) által, a természettudományi nevelés helyzetéért aggódó, a közoktatásban és felsőoktatásban tanító tanárok, kutatók kifejezett kérésére létrehozott, a természettudományos közoktatás helyzetét vizsgáló ad hoc bizottság 2008 nyarán készített vizsgálatának tapasztalatait mutatjuk be.

A 2008-as tanári felmérés néhány tapasztalata

A bizottság feladata volt a jelenlegi helyzet feltárása és elemzése, majd javaslatok megfogalmazása. Ennek keretében kérte a bizottság a természettudományi tantárgyakat tanító kollégákat arra, hogy töltsenek ki egy kérdőívet, hogy a megállapításokat időszerű, konkrét adatokkal lehessen alátámasztani¹. *Több mint ezer kérdőívet töltöttek ki a kollégák*, így mintánk elég tekintélyes lett, 1033 darab. Azt kértük, hogy mindenki szakja szerint külön-külön kérdőívet töltsön ki. A szakok szerinti megoszlások a következőképpen alakultak: 185-en tanítanak biológiát, 490-en fizikát, 334-en kémiát, 12-en integrált természettudományt és 12-en környezettant. *A fizika és a kémia tantárgyak esetében az országban tanítóknak közel 10%-a töltött ki kérdőívet.*

A tanárok legnagyobb része *az óraszámok csökkenését* nehezményezi. A természettudomány szakos kollégák nagyon sok diákot tanítanak. Hazánkban ezeket a tantárgyakat nem tanítják osztott csoportokban, míg a matematika és az idegen nyelv oktatása esetében ez gyakori. Így ebből is keletkeznek feszültségek a tantestületekben. A probléma felkarolására a Pedagógus Szakszervezetben belül külön platform is alakult. A tagok minden lehetséges fórumon hangoztatják, hogy a sok diák miatt valójában a természettudomány szakos tanároknak sokkal többet kell dolgozniuk a fizetésükért. A természettudományi tanárok által tanított átlagos csoportlétszám: $25,2 \pm 5,8$ fő. Ilyen feltételek mellett miként várhatjuk el a tanároktól *az egyéni, differenciált foglalkozást?* Sok kolléga a tantárgyából felvételizőkkel, érettségizőkkel foglalkozik külön a tanórán, a többi diák pedig azt csinál, amit akar, csak csendben legyen. Azokra a diákokra, akik pedig olyan szakra mennek, mely ilyen értelemben nem szakirány, például környezettanra készül diákokra, már nem marad energiájuk. De az is előfordul, hogy a diák a 10. évfolyamon még nem is tudja, mely a kémiaoktatás utolsó évfolyama, utána pedig már nincs is lehetősége bepótolni a hiányokat, hiszen „kiment” a tantárgy (Radnóti, 2009).

Maguk a közép- és általános iskolai tanárok, valamint a felsőoktatásban tanítók is nehezményezik a napjainkra kialakult alacsony óraszámokat. De azok visszaállítása a korábbi évek gyakorlatára sajnos nem lehetséges. Az óraszámcsökkentés, iskolabezárások stb. okozta esetleges elbocsátások és a fentebb említett valójában nehéz munkakörülmények miatt sokan elhagyták a pályát. A fiatalok számára – valószínűleg többek közt ezen okok miatt is – nem vonzó a kémia és a fizika tanári pálya. Az OKNT számára készített jelentésben évekre visszamenőleg vizsgáltuk *a kibo-*

¹ A felmérés megszervezésében és kiértékelésében részt vettek:

Baranyai József és Bán Sándor (biológia), Hegyiné Farkas Éva (korfák), Király Béla (kiértékelő program), Radnóti Katalin (kérdőív összeállítása, kiértékelő program tesztelése, általános rész kiértékelése, fizika), Rausch Péter (programozás, web-es megjelenítés), Szalay Luca (kérdőív összeállítása, web-es megjelenítés megszervezése), Ujvári Sándor (jelentés szerkesztése), Varga Márta és Baranyi Ilona (kémia), Moróné Tapody Éva (levelezőlista).

csátott tanárok számát, mely drasztikus csökkenést mutatott. Továbbá vizsgáltuk a jelenleg pályán lévő tanárok koreloszlását is, mely azt mutatja, hogy 10 éven belül közel 1/3-ad részük nyugdíjas korú lesz. A fiatalabb, a 35 év alatti tanárok aránya mindössze 10–15 százalék! Vagyis a jelenlegi órák ellátása is veszélybe kerülhet!

Adatgyűjtésünket arra is kiterjesztettük, hogy megvizsgáljuk a *BSc-s hallgatók szakirány választási szándékait*. Már az elmúlt néhány év alatt is egyértelművé vált, hogy nagyon kevesen választják a tanári szakirányt. Sőt, főszakként fizikatanári tanulmányokat az ELTE-n a 2009-es évben egyetlen hallgató sem kezdte el. A természettudományos tanárképzéssel kapcsolatos további hallgatói adatok részletesen megtalálhatók *Tasnádi Péter* és *Juhász András* írásában (*Tasnádi – Juhász*, 2010).

A jelenlegi helyzetben *reális alternatívát* az jelenthet, hogy csak bizonyos osztályokban emelik a természettudományos tanórák számát, mintegy reálosztályokat hoznak létre az iskolákban. Az OKNT javaslatban ennek párjaként humán osztályok létrehozása is szerepel, melyekben viszont alacsonyabb lehet a természettudományos tanórák száma a 9–12. évfolyamokon. És természetesen maradnának a normál osztályok, ahol nem történne ilyen jellegű változás. Azok a diákok, akik nem tudják még 14 éves korukban eldönteni, hogy mivel is szeretnének felnőtt korukban foglalkozni, azok ide járnának. De fontos lenne kiválasztani azokat, akik már döntöttek!

Első éves hallgatók fizika és kémia tudása

2008-ban 1324 fő, míg 2009-ben 2185 fő első éves fizika BSc-re, illetve különböző mérnöki szakokra jelentkező hallgatók, továbbá 1083 fő vegyész, illetve kémia-igényes szakokra jelentkező hallgatók írtak dolgozatot a regisztrációs héten, melynek *célja a diákok tudásszintjének vizsgálata volt*.

A vizsgálat elméleti háttere

A világban egyre többen foglalkoznak olyan kutatásokra épülő szakmódszertani kérdésekkel, mint a különböző fontos fogalmak alakulása a gyermeki világkép fejlődése során, a különböző differenciálatlan képzetek és azok elkülönülése az oktatás során. Csak néhány példa a fizika területéről, hogy mely fogalmak keverednek a tanulók gondolkodásában: a sebesség–gyorsulás, a lendület–erő, az energia–erő, feszültség–áramerősség. Sok esetben a fenti fogalmak elkülönülése még a 12. évfolyam végére sem történik meg, s ez még a felsőoktatásba érkező első éves hallgatók dolgozatainak elemzése során is kimutatható. Kémia esetében például nehézséget jelent a jelenségek háromszintű tárgyalása, mint a makro-, a mikro- és a szimbólumszint (*Kiss – Tóth*, 2006). E témával nagyon sokan foglalkoztak már a világban, melyről *Nahalka István* (2002) ad részletes áttekintést. Elszigetelten hazai kutatások is folynak. Példaként említhető *Tóth Zoltán* munkássága nyomán a

kémiai jellegű tévképzetek kutatása a Debreceni Egyetemen. Fizika esetében *Wagner Évát* a Deák Iskola tanárát kell kiemelni, aki tanítási gyakorlatának megszervezésében fontos szerepet szán a fogalmak értelmezésének, konstruálásának.

A téma további hazai kutatása azért is fontos és szükséges, mert az alapfogalmak megfelelő bevezetésével, azok tanulói munkában való használatának rendszeres vizsgálatával, sokat lehetne segíteni a lényeges összefüggések megértésében, és ezzel a fizika és a kémia megszerettetésében. A pozitív attitűd kialakulása alapvető fontosságú lenne a pályaválasztó diákok körében a természettudományos, illetve mérnöki szakok népszerűségének növeléséhez.

A 2008-as és 2009-es mérésekhez használt *feladatlapok* összeállításához és az eredmények elemzéseinek elméleti hátterét a *konstruktivista didaktika* adta, mely szerint a tudás a megismerő rendszer és a környezet kölcsönhatása folytán alakul, formálódik, az ismeret nem csupán lenyomata a környezetnek. A konstruktivizmus azt vallja, hogy a tudást a tanuló maga konstruálja meg, és ebben a folyamatban meghatározó szerepe van az előzetes tudásnak (*Nahalka, 2002*). A diákoknak minden témával kapcsolatban van valamilyen, „jó” vagy „rossz” előzetes elképzelésük, amely meghatározza a tanulás folyamatát, és sajnos nem egy esetben megnehezíti. Ezért fontos, hogy a pedagógus fokozottan figyeljen ezekre a meglévő sémákra, hiszen ellenkező esetben félő, hogy a diákban nem alakul ki az új tudás, s csak megtanult versike lesz például *Archimédész* törvény. A gyerekekben kialakult fizikai világ „vetülete” sok esetben nem fedi a tudomány által elfogadott tételeket. Vagyis ha egy gyerekkel „megjósoltatjuk” egy esemény végeredményét, akkor gyakran más következtetésre jut, mint ami ténylegesen be fog következni. Cél tehát, hogy a tanulóban olyan elképzelések, elméletek konstruálódjanak meg, melyek a tudomány eredményeinek megfelelnek. Ennek a konstrukciónak a folyamatát fogalmi váltásnak nevezzük (*Korom, 2005*). Fogalmi váltás például, amikor a newtoni mozgáselmélet alapján megtanuljuk, hogy a mozgás fenntartásához nem kell az erőhatás, csak annak megváltoztatásához. Ugyancsak fogalmi váltást igényel az is, amikor a diákok a folytonos anyagkép szemléletéről áttérnek a részecskeszemléletre.

A fogalmi váltást nem könnyű elérni. Első lépésként a diáknak látnia kell saját gondolkodási mechanizmusát, majd ütköztetni kell olyan jelenséggel, amire már nem ad magyarázatot eddigi elmélete. Erre kitűnő lehetőség, ha beszélgetjük a diákot, vagy vitát generálunk az osztályban egy kérdés kapcsán. Második lépésként meg lehet ismertetni a tanulókkal az új elképzelést, amit esetleg először elutasítanak, de fokozatosan megláthatják, hogy azzal mind a régi (amit még a régi elképzelés megmagyarázott), mind pedig az újabb jelenségeket (ami az ellentmondást kiváltotta) magyarázni lehet. Végül pedig az új elképzelés sikere, hogy azzal már magyarázhatóak olyan jelenségek is, melyeket a régi elv alapján nem lehet értelmezni, megmagyarázni.

A gyerekek az őket körülvevő világ jelenségeire képesek nehéz és elvont elméleteket is kidolgozni magukban, melyek sokszor teljesen különböznek attól,

amit a tudomány „aktuális állása” képvisel, illetve ezek annyiféleképpen lehetnek, ahány gyerek van. A tanár célja éppen ezen kialakult nagyon stabil elméletek bázisán az új tudás megkonstruálása. Azonban ez nem mindig sikerül, így a gyerek sokszor felnőtt korában is az arisztotelészi világkép lelkes „képviselője” marad (Borzák – Radnóti, 2009).

A gyermektudománnyal kapcsolatos vizsgálatok eredményeként több kutató kapott olyan eredményt, hogy a gyermeki elképzelések sokszor követik a tudománytörténet főbb állomásait, elképzeléseit. Ez a sor Arisztotelész világképétől kezdve a lapos Föld képén át haladva tartalmazhatja a tudománytörténet valaha volt tudományos rangú elméleteit is. Ez egyben némi könnyebbséget jelent abban, hogy milyen jellegű előzetes tudást feltételezhet a tanár egy adott témakörben a feldolgozás megkezdése előtt. Ez tehát fontos ismeret a tanár számára, mellyel való foglalkozás fontos részét kell, hogy képezze a tanárképzésnek is!

Ahogy már az előzőekben jeleztem, lehetőség nyílt számomra, hogy a felsőoktatásba belépő hallgatók előzetes tudását vizsgáljam, s ennek során felhasználtam a fent röviden összefoglalt a konstruktivista szellemiségű kutatások eredményeit.

A vizsgálatok célkitűzései

A felsőoktatás műszaki és természettudományos képzési területein dolgozó oktatók között az utóbbi években olyan benyomás kezdett kialakulni, mely szerint a középiskolából érkező, frissen beiratkozott hallgatók tudása lényegesen elmarad a korábban megszokottól, mely egyben személyes két évtizedes oktatói tapasztalatom is. A tapasztalatok azt is mutatják, hogy a bukások és az intézményelhagyások száma jelentősen megnőtt. Napjainkban egyre kevesebben jelentkeztek a természettudományos szakokra. Amíg korábban nehéz volt bekerülni ezekre szakokra, addig az utóbbi években egyes területeken nem sikerült feltölteni a keretet. Sokakban felmerült az, hogy a felsőoktatási intézményekbe érkező hallgatók tudásszintjének általánosan tapasztalt visszaesését a szubjektív benyomásokon felül, valamilyen objektíven mérhető formában is dokumentálni kellene. A problémát még az is tetézte, hogy megszűnt az egyetemek felvételiztetési joga, és így a felsőoktatási intézmények a felvételi pontszámon kívül gyakorlatilag szinte semmit nem tudnak a belépő hallgatók tényleges tudásszintjéről. A munkát fontosnak tartotta a Magyar Rektori Konferencia Műszaki Tudományok Bizottsága is. Reményeink szerint a több felsőoktatási intézményben is elvégzett, széles körű vizsgálat alkalmas lehet arra, hogy az oktatási kormányzat figyelmét felhívja a közoktatásban lezajlott negatív jelenségek kezelésének elodázhatatlanságára.

A felmérések és a kiértékelés célja az volt, hogy az eredmények számszerűsített, ellenőrizhető formában jelenjenek meg és ne csak megérzésekre, sejtésekre támaszkodjunk a természettudományi nevelés problémáinak feltárásakor.

A vizsgálatról

A felsőoktatásban tanuló 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. Mérőeszközünket kipróbáltuk középiskolás diákokkal és az OFI egyik munkatársa is véleményezte. A feladatlapok központilag készültek el, s részletes megoldási, javítási útmutatókat is mellékelünk, hogy a pontozás, amennyire lehetséges, egyforma szempontok szerint történjen.

Kérdéseinkkel és feladatainkkal igyekeztünk a fizika és a kémia minden, a közoktatás során előforduló, fő fejezetét lefedni. A fizika tesztkérdések között található mechanikai jellegű, elektromosságtan, optika és a modern fizika témaköréhez tartozó részek. A tesztes feladatok sem voltak minden esetben egyszerűek, bár kétségtelenül több ilyen is volt a felmérésben. Ezért kevés a 0 pontos dolgozat, hiszen teszt esetében a találgatás is vezethet jó eredményhez. Ellenben az egyik kérdéssel kifejezetten jellegzetes tévképzet meglétét kívántuk feltérképezni. Az utolsó három tesztkérdés a jövő energiaellátásával kapcsolatos fontos kísérleti berendezés lézereinek teljesítményét és az „üzemanyag”-ról kérdez. E három kérdés közül az első példa egy életszerű esetet mutat be. A másik számításos feladat háttérét is egy új kísérleti berendezés adja, az LHC. Azért döntöttünk emellett, mert az ott folyó munkák fontosak a fizika, mint tudomány szempontjából, de éppen ilyen fontosak a műszaki megvalósítás szempontjából is, tehát leendő a mérnökhallgatók számára is lényegesek.

Az érettségi vizsga gyakorlatával szemben a Függvénytáblázat nem volt használható, mivel nem szerettük volna, ha a hallgatók onnan keresnek ki különböző képleteket, majd behelyettesítenek esetleg gondolkodás nélkül. Arra is kíváncsiak voltunk, hogy a megoldásokhoz szükséges alapvető összefüggésekkel tisztában vannak-e a hallgatók. Ahol anyagi állandóra, vagy egyéb ismeretre volt szükség, azt a feladat szövegében közöltük.

Minden intézmény saját maga szervezte a dolgozatok megíratását és javítását az egységes útmutató alapján. A kollégák az eredményeket egy központilag előkészített Excel táblában rögzítették és ezeket küldték vissza feldolgozásra.

A mintáról röviden: 2009-ben minden olyan intézmény ahol vegyész-mérnök BSc, kémia BSc, illetve fizika BSc képzés folyt, részt vett a felmérésben². Az adatfelvétel csak a hiányzó hallgatók miatt nem teljes körű. A fizikát ezen kívül sok mérnöki tanulmányit kezdő hallgató írta meg. A kémiát pedig olyan hallgatók is megírták, akiknek eredményes tanulmányaihoz elengedhetetlen a kémia magas

² Mindkét évben azonos volt a vizsgálat elméleti háttére, módszere, de itt csak a 2009-es felmérés eredményeit mutatom be.

szintű ismerete, így biomérnök, környezettan és anyagmérnök szakos hallgatók. 2009-ben a fizika dolgozatot 2185 fő írta meg 9 intézményből. A BME-ről és a PE-ről több kar diákjai is részt vettek a felmérésben. 1943 fiú és 242 lány vett részt a felmérésben. A kémia dolgozatot 1089 fő írta meg a 6 intézményből, s a diákok nemi megoszlása: 521 fiú és 568 lány.

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.

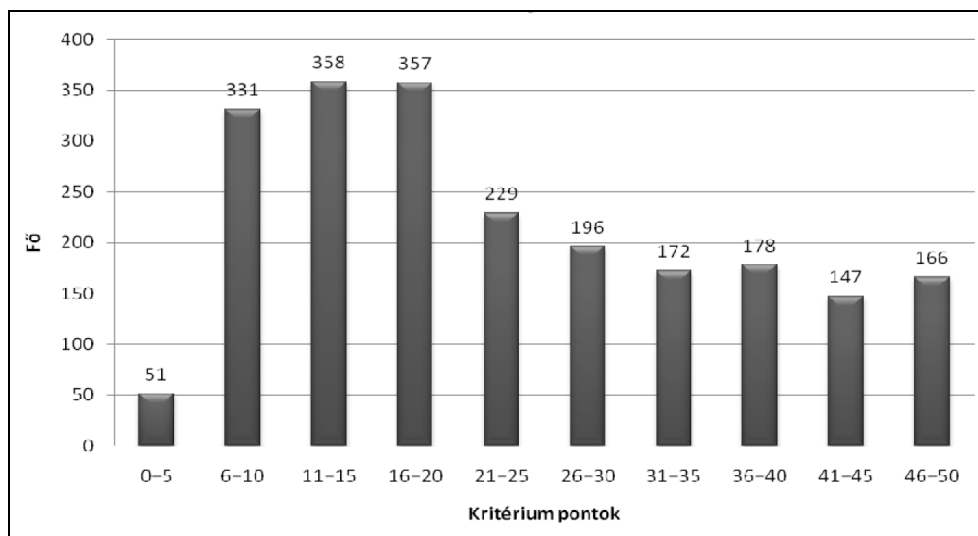
Az adatgyűjtés és kiértékelés, a 2008-as vizsgálathoz hasonlóan, társadalmi munkában készült, melyben nagyon sokan vettek részt. Dolgoztak az egyes intézmények oktatói, hallgatói, sok olyan személy, akinek még a nevét sem ismerem, de fontosnak tartották felmérésünk sikeres lebonyolítását. Ezért csak néhányukat emelném ki, akik az úgynevezett „összekötők” voltak, illetve a feldolgozásban, szervezésben tevékenykedtek³.

A 2009-es felmérők eredményei

A fizika dolgozat teljes megoldási átlaga 47 százalékos (Cronbach-alfa: 0,78). A fizika BSc-re járó hallgatók teljesítése: 64,6% (227 fő). A mérnöki szakokra járó hallgatók teljesítése: 44,9% (1958 fő). A kémia dolgozat teljes megoldási átlaga 35,4 százalékos (Cronbach-alfa: 0,88). Összes vegyész mérnök: 53,9% (263 fő). Kémia BSc: 47,6% (264). Összes vegyész mérnök és kémia BSc: 50,8%. A többi összes: 21%.

A fizika dolgozatra maximálisan 50 pontot lehetett szerezni.

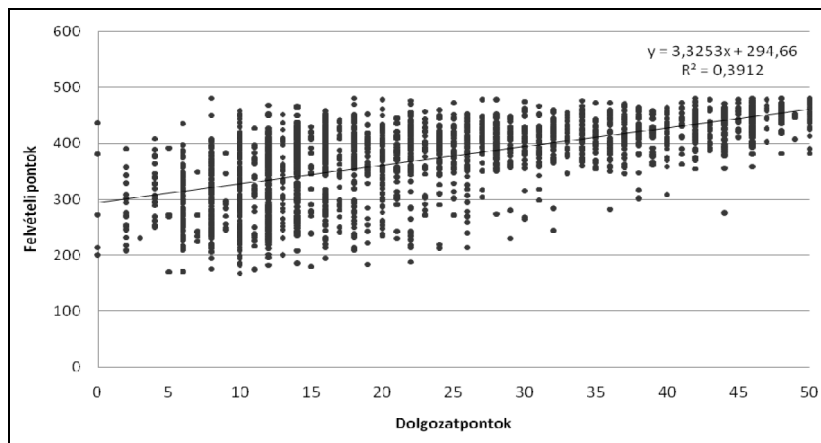
³ Külön köszönetet mondok *Király Bélának* (NYME), aki több éven keresztül a számítógépes feldolgozásban, szerkesztésében és egyéb szakmai munkában nyújtott komoly segítségért! Főbb résztvevők: *Pipek János* BMGE TTK, *Homonnay Zoltán*, *Róka András*, *Szalay Luca*, *Rác Krisztina*, *Rózsahegyi Márta* ELTE TTK, *Nyulászi László* BMGE VBK, *Németh Veronika* SZTE TTK, *Bárdos Erzsébet* PE, *Tóth Zoltán* DE, *Erostyák János* PTE, *Tevesz Gábor* BME VIK.



1. ábra: A fizika dolgozatban elért pontszámok szerinti eloszlás

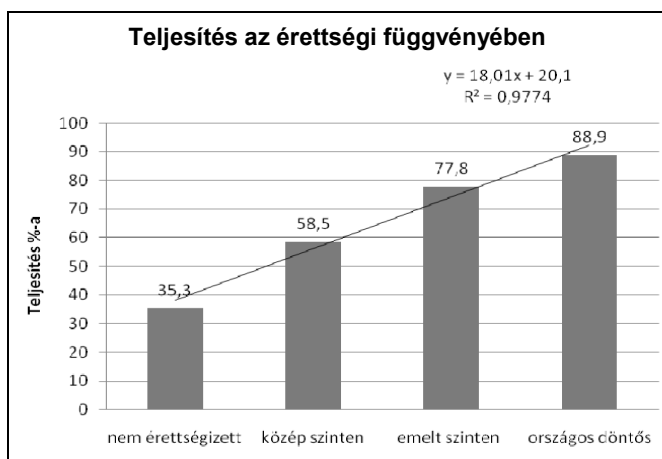
Az 1. ábrából az látható, hogy a hallgatók jelentős része nem éri el az 50%-os szintet, vagyis tudása elégtelen. Öt darab nulla pontos dolgozat született.

A regressziós egyenes menete R^2 értéke alapján gyenge kapcsolat van a felvételi pontszám és a dolgozaton elért teljesítmény között. A 2. ábra a felmérésben részt vett összes hallgató összetartozó pontpár értékeit mutatja. Ez a típusú ábra teljesen hasonló a kémia felmérő esetében és a 2008-as felmérő esetében is. 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 visszasságaira. Erősen kérdéses, hogy a magas felvételi pontszám vajon mér-e egyáltalán valamit. Nézzünk egy példát! 400 felvételi pont mire lehet elég? Az 50 pontos fizika dolgozat esetében a következő látható: 22 diáknak volt éppen 400 pontja. Az átlag: 25; szórás: 10; terjedelem: 12–46-ig, tehát a felvételi pontszám nem méri a szaktárgyi tudást! Véleményünk szerint a felvételi pontszámítás rendszere túl általános. Ugyanazzal a módszerrel kiszámított pontszámmal sokféle képzési jellegű intézménybe lehet jelentkezni. A pontszám semmit sem mond az adott szak eredményes tanulásához szükséges tudás meglétéről. Megfontolandó, hogy a felvételi pontszámot sokkal szakspecifikusabban kellene meghatározni!



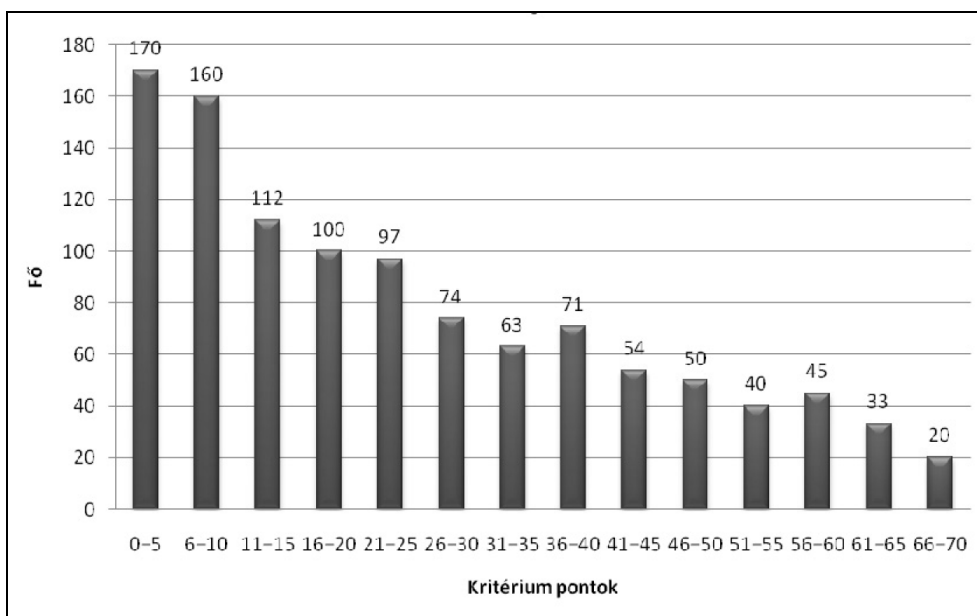
2. ábra: A felvételi pontszámok a dolgozatban elért teljesítmény függvényében

A 3. ábrán láthatjuk, hogy azok a diákok, akik versenyeken vesznek részt, sokkal jobban teljesítenek, tehát a diákokat érdemes versenyeztetni! Ez a kép teljesen hasonló a kémia és a 2008-as felmérés esetén kapott eredményekkel. Azok a diákok, akik versenyekre készülnek, sokat foglalkoznak a tananyaggal, és ez még akkor is így van, ha netán nem érnek el semmilyen eredményt. Ez egészen biztosan pozitívan befolyásolja azt, hogy választott felsőoktatási intézményükben miként tudnak majd helytállni! Vagyis a tanulmányi versenyek támogatása egészen biztosan jó befektetés!



3. ábra: Az érettségi, tanulmányi verseny és a dolgozatban elért pontok közötti összefüggés

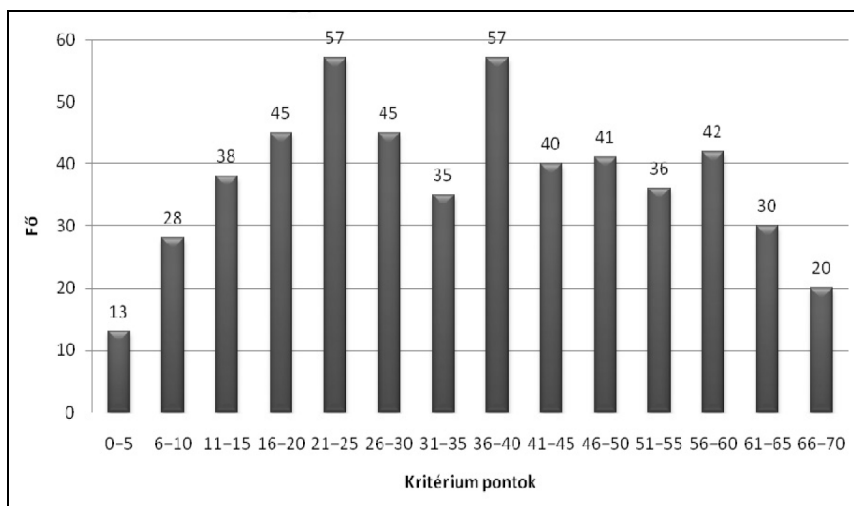
A kémia dolgozat tíz kérdést, illetve feladatot tartalmazott, melyek szerkezete, témája változatos volt. Szerepeltek egyszerű kérdések, mint vegyületek képletének leírása, táblázatkitöltés, elektronszerkezet felírása, egyenletírás, hagyományos számításos feladatok, gondolkodtató, probléma típusú kérdések. Mindösszesen 70 pontot lehetett elérni. A pontszámok szerinti eloszlást a 4. ábra mutatja.



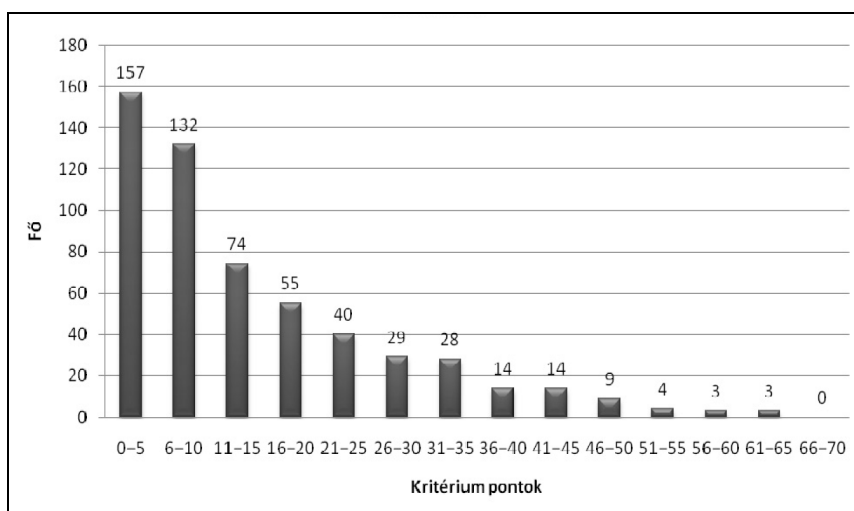
4. ábra: A kémia dolgozatban elért pontszámok szerinti eloszlás

Érdeemes megnézni, hogy miként alakul az eloszlás, ha külön vesszük a kémia és vegyészmérnök szakokat és a többi szakot. Az 5. ábrán láthatjuk, hogy a kémia BSc és a vegyészmérnök BSc hallgatók esetében a diákoknak közel a fele 50 százalékosnál jobban meg tudta írni a dolgozatot. Az ő átlagos teljesítményük is ennyi. Ez egyáltalán nem mondható jó eredménynek, mivel azt vetíti előre, hogy a felvett hallgatóknak csak körülbelül a fele tud majd megfelelni az elvárásoknak.

A többi hallgató esetében viszont nyugodtan ki lehet mondani, hogy a kép katasztrofális! 20 darab nulla pontos és 18 darab egy pontos dolgozat született. Ők zömmel környezettanosi hallgatók. Egy-egy képletet tudtak, illetve a nátrium-kloridról egy keveset (képletét és vizes oldatának kémhatását). Esetükben erősen kérdéses, hogy milyen környezeti szakemberek lesznek.



5. ábra: A dolgozatpontok eloszlása a kémia és vegyészmérnök szakos hallgatóknál



6. ábra: A kémia dolgozatpontok eloszlása a többi szaknál

Néhány példa a hallgatók előismereteiből

A számításos feladatok megoldásainak elemzése során sok, a szakirodalomban is megtalálható tévképzetet lehetett azonosítani, illetve újakat találni, melyek feltárása

hasznos lehet a fizika oktatása, a fizikai fogalmak kialakítása szempontjából. *Néhány ezek közül:*

- A mozgási energia képlete nagyon sok válaszlónak okozott gondot. A Függvény táblázatot nem használhatták a hallgatók, így azt onnan nem tudták kikeresni. De az alábbiakban felsorolt „érdekességek” valószínűleg nem csak ennek tudhatók be, hanem sokkal inkább annak, hogy a hallgatók valójában nincsenek tisztában az alapvető fizikai fogalmakkal, melyre a bevezetőben is utaltam.
- Nagyon sokan voltak, akinél a mozgási energia $m \cdot v$, az $m \cdot v^2/2$ helyett, vagyis az energia fogalma teljes mértékben keveredik az impulzus fogalommal. De voltak, akik az erő fogalmával keverték az energiát, és ilyen jellegű képletekbe akartak behelyettesíteni. Ennek a ténynek az az érdekessége, hogy ezt a korábbi kutatások során csak kvalitatív, szöveges megfogalmazások esetében vizsgálták. Esetünkben pedig számításos feladatok esetében került elő ez a probléma.
- A hő és a hőmérséklet fogalmak nem megfelelő kezelése.

Mint azt már említettem, a fizikai témájú szakmódszertani irodalom egy jelentős része foglalkozik a tanulók tévképzeteivel, illetve a fogalmak fejlődésének útjával, a fogalmak differenciálódásával a tanulók fejében (*Chi és mts.*, 1984, *Nahalka*, 2002.). 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 hallgatói dolgozatokból származó fenti példák azt mutatják, hogy az energia, az impulzus, az erő fogalmak differenciálódása sok hallgató esetében még nem történt meg.

A következő feladat a nemzetközi szakirodalomból ismert, az áram és a feszültség fogalmak helyes értelmezését firtató kérdés:

Mekkora feszültség mérhető az AB pontok között ideálisnak tekinthető feszültségmérővel a vázolt két esetben? Válassza ki, hogy melyik állítás helyes a felsoroltak közül! Indokoljon!

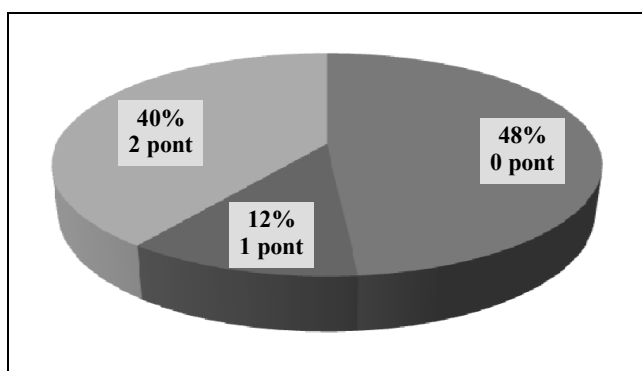
- a) 1,5V és 1,5V
- b) 0V és 0V
- c) 1,5V és 0V
- d) 0V és 1,5V
- e) Nem dönthető el, mert nem tudjuk az izzó ellenállását.

Csak a c) válasz jó, hiszen nyitott kapcsoló esetében nincs sehol potenciálás, tehát telep feszültségét mérhetjük. A feladat egyszerűsége ellenére sokaknak okoz problémát. Mivel ötféle válaszlehetőség volt megadva, ezért véletlenszerű választás esetében is 20%-os teljesítési átlagnak kellett volna adódnia. A feladatot eddig minden évben feladtam, és mindig 20% alatt volt a megoldási átlag, tehát „tudatos” volt a helytelen válaszadás. A szakirodalomban leírt jellegzetes félreértelmezések a magyar diákok körében is megjelentek. Ez még azok körében is okozott nehézséget, akik emelt szinten érettségiztek és országos döntősök voltak. Sokan írtak olyan téves megjegyzéseket, hogy ha nem zárt az áramkör, akkor nem is lehet feszültséget mérni. Hasonló gondolatmenet alapján jutottak arra a következtetésre is, hogy csak a d) válasz lehet a jó. Ugyanakkor azt is meg kell jegyeznünk, hogy a fizika BSc-re jelentkező hallgatók megoldásai közt kifejezetten szép, teljes mértékben korrekt válaszok is voltak.

Harmadik példának egy, a kémia alapjainak megértését firtató feladatot mutatok be, mely egyszerűsége ellenére az előző példához hasonlóan sokaknak gondot szokott okozni:

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

A feladat többeknek nehézséget okozott, mivel a 1089 hallgató közül 528-an kaptak nulla pontot, mely a hallgatók 48,5 százaléka. Mindössze 45,7 százalékos a megoldottság. Az 528 nulla pontos hallgató összteljesítménye 20,8 százalék.



7. ábra: Vízképződési feladat eredménye

Sokan úgy gondolják, hogy a különböző anyagok maradék nélkül egyesülnek, a keletkezett termékek (esetünkben a víz) tömege minden esetben a kiindulási anyagok tömegének az összege. Holott jelen esetben a hidrogén feleslegben van. 32 g oxigéngáz csak a 4 g hidrogénnel egyesül, tehát 36 g víz keletkezik és 6 g hidrogén fe-

leslegben marad. Ez az egyszerűnek látszó feladat éppen a kémiai jellegű gondolkodás lényegét ragadja meg, nevezetesen, hogy képes-e a diák részecskékben gondolkodni. Rá jön-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. Azért is érdekes e feladat megoldásának a 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 a) sztöchiometrikus arányban vannak jelen; b) teljes mértékű az átalakulás. Vagyis maga a tanítás is vezethet tévképzetek kialakulásához!

A felmérések tapasztalatainak összefoglalása

Természetesen lehetne készíteni egyes egyetemek és főiskolák azonos szakjai között rangsort is, amely a dékánokat biztos érdekelné, de a felmérés kizárólag szakmai céllal készült. Munkámmal nem szeretnék az oktatási intézmények közti bármilyen féle rivalizálásnak teret nyitni. Minden felsőoktatási intézményben, ugyan kisebb-nagyobb mértékben, de azonosak a problémák.

Az első és legfontosabb tapasztalat az, hogy a diákok jelentős része nem érkezik választott szakja eredményes tanulásához feltétlenül szükséges előismeretekkel. Azok a hallgatók, akiknek nem ez a fő szakjuk, de tanulmányaikhoz elengedhetetlenül szükségesek lennének ezek az ismeretek, nyugodtan kimondhatjuk, jelentős részük katasztrofálisan kevés előismerettel rendelkezik.

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

Egyértelmű kapcsolat mutatkozott minden felmérés esetében az érettségi vizsgák, a tanulmányi versenyek és a hallgatók tudásszintje összefüggésében. Mivel már az első BSc szakosok diplomát kaptak megállapítható, hogy a hároméves képzés után kevés kivétellel, azok vehették a kezükbe a diplomát, akik emelt szintű érettségivel esetleg versenyen elért eredménnyel iratkoztak be az a felsőoktatási intézménybe. Ebben a vonatkozásban nem készült részletes felmérés, de a megvizsgált néhány szaknál az előbbi állítás igaznak bizonyult.

Fenti tapasztalataink nem újak, mivel évek óta vizsgáltuk a belépő hallgatókat különböző szempontok szerint. Tehát nem egy év, egyetlen felmérés eredményei alapján szűrtük le a tapasztalatokat.

Javaslatok a felmérések eredményeinek függvényében

A rossz teljesítmény hosszú időre és sok okra vezethető vissza. Kizárólag szakmai szempontok alapján csak néhányat szeretnénk kiemelni, melyek rövidtávon 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 meghívásával, különböző neves tudósok évfordulójának megünneplésével, egyetemi látogatásokkal stb.

Az OKNT ad hoc Bizottságának 2008-as javaslatának megfelelően úgynevezett reálosztályok létrehozása, 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 költségeit⁴.

A dolgozatot megírató intézmények legtöbbjében az eredménytelenség láttán úgynevezett *felzárkóztató kurzusok* indultak be, ahol a felsőoktatásban tanító kollégák megpróbálják segíteni a szükséges fogalmi váltások létrejöttét a gyengén teljesítő hallgatóknál. Valószínűleg ez már nem egy esetben késő, hiszen mint azt a bevezetőben írtam, az előzetes tudás elemei nagyon stabil gondolati rendszerek, azok megváltoztatása még a fiatalabb diákok esetében sem könnyű. A felsőoktatásba ér-

⁴A témáról további információk, grafikonok és elemzések olvashatók honlapomon: http://members.iif.hu/rad8012/index_elemei/kriterium.htm.

kezők esetében pedig a téves elképzelések még jobban megerősödtek az évek során, amint az számtalan hallgatói beszélgetésből, évközi dolgozat eredményeinek elemzéséből kiderül. Az egyik lehetséges megoldás az lehetne, hogy még *korábbi életkorokban kellene elkezdni foglalkozni az élettelen természet jelenségeinek elemzésével*, természetesen az életkori sajátosságoknak megfelelően. Ugyanis mire elkezdődik a fizika és a kémia szakrendszerű oktatása, sok tévképzet már addigra megerősödik. Sok-sok beszélgetésre, a jelenségekre való rácsodálkozásra, a fogalmak kialakításának elkezdésére lenne szükség már az 1–6. évfolyamokon, majd a tudásrendszer formálódásának folyamatos nyomon követésére, tantermi kutatások és nagyobb volumenű felmérések végzésére. Ennek magában kellene foglalnia teszteket a szakirodalomban bőségesen megtalálható kérdésekkel, melyeket ki kell egészíteni csoportos és egyéni interjúkkal, hogy a gondolkodás mélyebb rétegeibe is be tudjunk hatolni.

Javaslatok a tanárképzés számára

Kiemelten fontos, hogy a fent említett munkákban, kutatásokban a tanár szakos hallgatók is aktívan részt vegyenek: hospitálások különböző iskolákban, osztályokban, saját gyakorlótanítások és ezek tapasztalatainak feldolgozása. Az előzetes tudás megismerésével kapcsolatban nagyon sok érdekes és hasznos osztálytermi kutatás végezhető. Már egyre több helyen jelennek meg újszerű IKT eszközök, melyek közé tartozik például a szavazógép. Nagyon sok, a diákok előzetes tudását vizsgáló diagnosztikus kérdés alakítható át például feleletválasztásos formává, amely a szavazógép segítségével könnyen feldolgozható. Például melyik test ér hamarabb földet, ha egyszerre ejtjük le, az azonos térfogatú vasgolyó vagy a műanyagból készült golyó? (Ezek egyszerre érkeznek le, de sokan gondolják azt, hogy a vasgolyó ér le hamarabb, mivel nehezebb.)

Az előzetes tudás fontossága a tanítás-tanulás során arra is felhívja a figyelmet, hogy a tanárképzésben és a tanártovábbképzésben résztvevőkkel meg kell ismertetni a diagnosztikus mérés alkalmazásának sajátosságait, módszereit.

Fontos, hogy a tanárok foglalkozzanak a természettudomány tanulásának és egyáltalán a természettudományos megismerés módszereivel, mely elengedhetetlen az eredményességhez. Sok tanuló ugyanis egyszerűen „bemagolja” a definíciókat, az egyszerűen képleteknek nevezett, a különböző fizikai mennyiségek közt fennálló összefüggéseket, melyek segítségével akár egyszerűbb számításos feladatokat is meg tud oldani. De ez egyáltalán nem nevezhető alkalmazható tudásnak! Nemrég egy hallgató küldött reklamáló levelet pótzárthelyi vizsgájával kapcsolatban, miután az első zárthelyit pótolnia kellett, melynek feltettem a honlapomra a részletes megoldását: „az első zh feladatsor példáit betűről betűre magoltam be”. Talán mondanom sem kell, nem volt sikeres a pótvizsgán sem.

A leírtak alapján a szakmódszertan mintegy híd szerepet tudna betölteni a szakmai és a pedagógiai tantárgyak között a tanárképzésben. A tanulói félreértelmességek elemzése segíti a hallgatókat a szakmai részekben is, hiszen több diáknak maradnak még tévképzetei az egyetem végére is. A tanítási gyakorlatot kísérő szemináriumokon is célszerű a felmerült tévképzeteket elemezni, és azok „leküzdésével” foglalkozni, illetve annak pedagógiai lehetőségeiről, módszereiről beszélgetni (például a kiscsoportos beszélgetésről, majd összegzésről stb.). Ezzel egyben az új-szerű munkaformák szakmai – pedagógiai alkalmazását is tanulják a tanárjelöltek.

*

Írásomban nemcsak a természettudományi nevelés problémáira kívántam rámutatni, hanem arra is, hogy a fogalmi váltás folyamata empirikusan vizsgálható a tanárok mindennapi osztálytermi munkája során is, segítve ezzel tanítványaikat az alkalmazható tudás megszerzésében. Az elemzés *a tanári reflexió* tanításhoz, tanórához kapcsolt egyik módjára is felhívja a figyelmet: Célszerű elemezni a különböző dolgozatkérdések megoldási arányaiból, sajátosságaiból levonható következtetéseket, melyek kijelölhetik a tanári munka irányát, lehetőségeit a diákok tanulásának támogatásában.

Irodalom

- Borzák Attila, Radnóti Katalin (2009): A fogalmi fejlődés vizsgálatának lehetőségei a mechanika tanítása során. *A Fizika Tanítása*, 3. sz. 1–14.
- Chi, M. T. H., Slotta, J. D., deLeeuw, N. (1994): From Things to Process: A Theory of Conceptual Changes for Learning Science Concepts. *Learning and Instruction*, 4. 27–43. http://members.iif.hu/rad8012/index_elemei/kriterium.htm Radnóti Katalin honlapja
- Kiss Edina, Tóth Zoltán (2006): A tanulók anyagmennyiséggel kapcsolatos fogalmi megértése és fejlődése. *KÖKÉL*, 1. sz. 72–90.
- Korom Erzsébet (2005): *Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- Nahalka István (2002): *Hogyan alakul ki a tudás a gyerekekben?* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- Radnóti Katalin (2009): A természettudományi nevelés és a fizikaoktatás helyzete a 2008-as tanári felmérés tükrében. *Új Pedagógiai Szemle*, 3. sz. 3–17.
- Radnóti Katalin, Pipek János (2009): A fizikatanítás eredményessége a közoktatásban. *Fizikai Szemle*, 3. sz. 107–113.
- Tasnádi Péter, Juhász András (2010): Hagyományok és valóság. Szükség van-e tudós tanároknak a természettudományban? *Természet Világa*, 1. sz. 26–29.
- Wagner Éva (2009): A gyermeki elképzelésekkel és változásaikkal kapcsolatos ismeretek és alkalmazásuk a konstruktivista szemléletű fizika tanítás során. PhD értekezés. ELTE PPK Neveléstudományi Doktori Iskola, Budapest.