

A FIZIKAI FOGALMAK ALAKULÁSA

Radnóti Katalin
ELTE TTK Fizikai Intézet

A fizika, mint iskolai tantárgy meglehetősen nehéz helyzetben van napjaink közoktatásában. A rendszerváltást követő években fokozatosan csökkent a fizika óraszám, megszűnt kötelezően pontvivő jellege, vagyis napjaink technicizált világában, amely elsősorban a fizikában tett különböző felfedezéseknek köszönheti létét, fokozatosan visszaszorul. A tanulók körében sem népszerű a tantárgy, amelynek okairól megoszlanak a vélemények. Ezek közül – minden bizonnyal – jelentős a fizika erősen gondolkodásigényes jellege, illetve a kísérletek hiánya.

A világban egyre többen – kifejezetten ilyen jellegű kutatásokra szakosodott tanszékek munkatársai – foglalkoznak olyan szakmódszertani kérdésekkel, mint a fontos fogalmak alakulása a gyermeki világnépfelfedése során, a differenciálatlan képzetek és azok elkülönülése az oktatás során. Csak néhány példát említek: a sebesség – gyorsulás, a lendület – erő, az energia – erő, feszültség – áramerősség fogalompárok keveredése a tanulók gondolkodásában. A fenti fogalmak elkülönülése sok esetben még a 12. évfolyam végére sem történik meg, amely még a felsőoktatásba érkező első éves hallgatók dolgozatainak elemzése során is kimutatható. 2008-ban 1324 fő, míg 2009-ben 2185 fő első éves fizika BSc-re, illetve különböző mérnöki szakokra jelentkezett hallgatók írtak dolgozatot a regisztrációs héten, amelynek célja a diákok fizika tudásszintjének vizsgálata volt. Írásomban a 2009-ben írt dolgozatok eredményeiből mutatok be néhány példát, fogalmazok meg javaslatokat az oktatás számára.

A téma további hazai kutatása azért is fontos, mert az alapfogalmak megfelelő bevezetésével, azok tanuló munkában való használatának rendszeres vizsgálatával sokat lehetne segíteni a fontos összefüggések megértésében, és ezzel a fizika megszerettetésében. Ez pedig alapvető fontosságú a pályaválasztó diákok körében a természettudományos, illetve mérnöki szakok népszerűségének növeléséhez.

Elméleti háttér

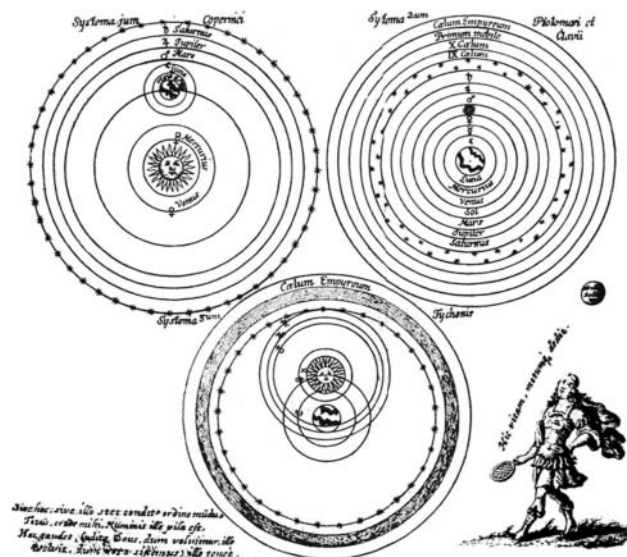
Elemzéseim elméleti háttérét a konstruktivista didaktika adta, amely szerint a tudás a megismerő rendszer és a környezet kölcsönhatása folytán alakul, formálódik, az ismeret nem csupán lenyomata a környezet-

nek. A korábbi ismeretelméletek szerint az új tudás a régi ismeretek hozzáadódásaként keletkezik. Ezzel szemben a konstruktivizmus azt vallja, a diák fejében nem információ-felvétellel formálódik a tudás, az nem közvetítődik a gyerekek fejébe, hanem *a tanuló maga konstruálja meg, és ebben a folyamatban meghatározó szerepe van az előzetes tudásnak* [1].

Valójában a diákoknak minden témával kapcsolatban van valamilyen, „jó” vagy „rossz” előzetes elképzelésük, amely meghatározza a tanulás folyamatát, és sajnos nem egy esetben nehezíti azt. Ezért fontos, hogy a pedagógus fokozottan figyeljen ezekre, hiszen ellenkező esetben félő, hogy a diákban nem alakul ki az új tudás, s csak megtanult versike (például Archimédész-törvény) lesz az adott 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 a legtöbb esetben más következtetésre jut, mint ami ténylegesen bekövetkezik. Cél tehát, hogy a tanulóban olyan elképzelések, elméletek konstruálódjanak, amelyek a tudomány eredményeinek megfelelnek. E konstrukció folyamatát *fogalmi váltásnak* nevezzük. Fogalmi váltás például, amikor a newtoni mozgásemélet alapján megtanuljuk, hogy a mozgás fenntartásához nem kell erőhatás, csak annak megváltoztatásához. Ugyancsak fogalmi váltást igényel az is, amikor a diákok a folytonos anyagkép szemléletéről áttérnek a részecskeszemléletre.

1. ábra. A három nagy világrendszer – a kopernikuszi, a ptolemaiuszi és egy Tycho de Brahe-féle – Szerdahelyi Gábor 1702-ben, Nagyszombatban megjelent *Fax Chronologica ad omnigenam Historiam ab origine Mundi* című könyvében.



A Szegedi Tudományegyetem Természettudományi és Informatikai Kara Szakmódszertani Csoportja által szervezett *Szakmódszertani kutatások a természettudományos, illetve a matematika és az informatika tantárgyakhoz kapcsolódóan* című konferencián 2010. május 20–21. elhangzott előadás kibővített, szerkesztett változata.

Szomorú tény, hogy a fogalmi váltással nem gyökerestül „szabadulunk meg” a régi gondolkodásmódtól, az nem tűnik el végleg. A tudomány egyre „jobb” modelleket alkot, hogy az majd egyre pontosabban megfeleljen a tapasztalatoknak (1. ábra). (A modellalkotásra szép példa a csillagászat fejlődéstörténete. Ebben a kör alakú pályákkal megkezdett bolygómozgási elméletet a megfigyelések nem támasztották alá, ezért azt pontosították, még jobban „körösítették”, s csak később tette meg *Kepler* a nagy lépést, amelyben ellipszis alakú pályákról számol be, amit már a mérési eredmények is alátámasztottak.)

A fogalmi váltást elérni nem könnyű. 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, vagy vitát generálunk az osztályban egy kérdés kapcsán. Második lépésként meg kell ismertetni a tanulókkal az új elképzelést, amit esetleg először elutasítanak, de fokozatosan meg kell látniuk, hogy azzal mind a régi (amit még a régi elképzelés is 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, amelyeket a régi elv nem magyarázott.

A gyerekek az őket körülvevő világ jelenségeire nehéz és elvont elméleteket képesek kidolgozni, amelyek sokszor teljesen különböznek attól, amit a tudomány „aktuális állása” képvisel, illetve ezek anynyifélék lehetnek, ahány gyerek van. A tanár célja éppen ezen kialakult nagyon stabil elméletek bázisán az új tudás megalkotása. Ez azonban nem mindig sikerül, így a gyerek sokszor felnőtt korában is az arisztotelészi világkép lelkes „képviselője” marad [2].

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.

A fentiekből látható, hogy a témával nagyon sokan foglalkoztak már a világban, amelyről *Nabalka István* könyve ad részletes áttekintést [1]. A tanulói ismeretekre is sokféle kifejezés található a szakirodalomban, amelyből bemutatok néhányat *Korom Erzsébet* gyűjtése nyomán [3]:

<i>Eredeti angol elnevezés</i>	<i>magyar megfelelője</i>
misconception	tévképzet
preconception	előzetes elképzelés
alternative conception	alternatív elképzelés
naive belief	naiv meggyőződés
naive theory	naiv elmélet
children's science	gyermektudomány
conceptual frameworks	fogalmi keretek

A témának hazai előzményei is vannak: *Holics László* 1972-ben megjelent elemző írásában hangsúlyosan szerepelnek olyan gondolatok, hogy – figyelembe véve a diákok aktuális tudását – miként is kellene a

legfontosabb alapfogalmakat fokozatosan bevezetni [4]. *Fényes Imre* pedig a fizikai fogalmak eredetét kutatva jutott el az oktatási kérdésekig [5].

Saját kutatásaim arra adtak lehetőséget, hogy a már a bevezetőben említett, felsőoktatásba belépő hallgatók előzetes tudását vizsgáljam. Ennek során azt állapítottam meg, hogy még ekkor is nagyon sok tévképzet mutatható ki a diákok tudásában. Továbbá ne felejtjük el, hogy ez *előzetes tudásnak csak a felsőoktatás számára tekinthető, de egyben ez a közoktatás befejezése* is. Vagyis elmondható, hogy a fogalmi váltások nem történtek meg. A továbbiakban ezekből a vizsgálatokból mutatok példákat.

2009 szeptemberében a fizika BSc szakokra és a műszaki felsőoktatásba lépő hallgatók által írt dolgozatok eredményeiről

Idézet a TTK Dékáni Kollégium 2008. október 31-i ülésének jegyzőkönyvéből: „Közös vélemény, hogy a résztvevők támogatják közös felmérő dolgozatok íratását a tanulmányaikat kezdő hallgatókkal matematika, fizika és kémia tárgyakból. A dolgozatok legyenek tantárgyanként maximum egy-egy órásak.” A továbbiakban a fizika felmérőn elért eredményekből mutatok be néhány tanulságos összefüggést, példát.

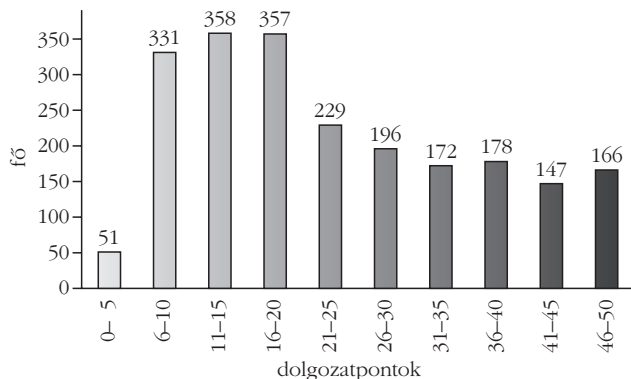
A vizsgálatok lebonyolítása

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. Függvény táblázatot nem használhattak a hallgatók, mivel azt is szeretnénk volna megtudni, hogy ismerik-e a legfontosabb összefüggéseket. A szükséges adatokat a feladatban megadtuk.

A feladatlap központilag készült, hozzá részletes megoldási, javítási útmutatót is mellékelünk, hogy a pontozás, amennyire lehetséges, egyforma szempontok szerint történjen. Minden intézmény saját maga szervezte a dolgozatok megíratását és javítását az egyetemes 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 16 cso-



2. ábra. A felsőoktatásba belépő hallgatók fizikatudása.

port, 2185 fő írta meg a dolgozatot, a kollégák ennyi Excel fájlt küldtek. Ezeket mind külön-külön is kiértékeltek és néhány grafikonnal, szöveges elemzéssel együtt visszaküldték 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, amelyben nagyon sokan vettek részt [6]. Dolgoztak az egyes intézmények oktatói, hallgatói, sok olyan személy, akinek még a nevét sem ismerjük, de fontosnak tartották felmérésünk sikeres lebonyolítását. Ezért csak néhányukat emelnénk ki, akik az „összekötők” voltak, illetve a feldolgozásban, szervezésben tevékenykedtek.¹ A résztvevő intézmények: ELTE, BME több kara, DE, GDF, NYFMMK, PE több kara, PTE, SZTE, SZE, SZIE.

A fizika felmérő eredményei

A *dolgozat felépítése* a következő volt:

- 14 darab teszt kérdés 28 pont
- 2 számítós feladat (8+14) 22 pont

A dolgozatra maximálisan 50 pontot lehetett szerezni. Amint az eredmények eloszlásából látható (2. ábra), a dolgozat elég gyengén sikerült. A teljesítési átlag 47%. Ez jobb, mint a 2008-as dolgozat esetében, amely köszönhető a feladatok teszt jellegének, hiszen a véletlenszerű találgatás is eredményezhet pontokat. 0 pontos dolgozat kevés, mindössze 5 darab volt, amely szintén a teszt jellegnek tudható be. Maximális pontszámot, vagyis 50 pontot mindössze 34 hallgató ért el.

Elemzésünk során több háttérváltozó függvényében is vizsgáltunk a tanulói teljesítményeket, többek közt azt is, hogy a hallgatók milyen pontszámmal érkeznek a felsőoktatásba. A 3. ábra a felmérésben részt vett összes hallgató összetartozó – felvételi és a dolgozatban elért – pontpárértékeit mutatja. Azt találtuk, hogy a magas felvételi pontszámokkal érkező hallgatók a felmérésben nagyon jó, de nagyon rossz teljesítményt is tudnak nyújtani. A felmérő során mért

¹ Külön köszönetet mondunk Király Bélának (NYME), aki több éven keresztül a számítógépes feldolgozásban, szerkesztésében és egyéb szakmai munkában nyújtott komoly segítségért! Főbb résztvevők: Pipek János BME TTK, Tevesz Gábor BME VIK.

eredmények rámutatnak a felvételi rendszer visszasságaira. Erősen kérdéses, hogy a magas felvételi pontszám vajon mér-e egyáltalán valamit.

A továbbiakban részletesebben elemzem azon fizikafeladat megoldottságát, amely szerepelt a 2009-es Szilárd Leó Verseny elődöntőjében. A feladat ötlete a *Physics Education* című lapból származott [7].

Feladat: korunk egyik legnagyobb műszaki teljesítményének számító, a CERN-ben megépített LHC (Large Hadron Collider = Nagy hadronütköztető) gyorsítóját először az elmúlt évben kapcsolták be. A tervek szerint a föld alá helyezett kör alakú 26,7 km kerületű gyorsítóban 7 TeV ($1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, 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.

a) Mekkora egy protoncsomag teljes energiája?

b) Ha egy 150 kg tömegű kismotor ekkora mozgási energiával rendelkezne, 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 J/kg°C, olvadáspontja: 1337,6 K, olvadáshője 64,9 kJ/kg.

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

b) A kismotor sebessége $v = (2E/m)^{1/2} = 41,47 \text{ m/s} \sim 149 \text{ km/h}$.

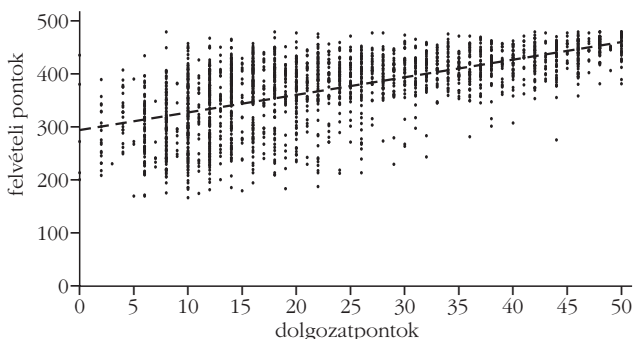
c) A teljes kerület mentén mozgó összes proton energiája: $E_{\text{össz}} = 2808 \cdot 1,29 \cdot 10^5 \text{ J} = 362,2 \text{ MJ}$.

d) $E_{\text{össz}} = c \cdot m \cdot \Delta T + L \cdot m$, amiből az aranytömb tömegére kapjuk, hogy $m = E_{\text{össz}} / (c \cdot \Delta T + L) = 1849 \text{ kg}$.

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

A feladat megoldása kapcsán sok érdekes hiba és tévképzet jelent meg, amelyek elemzése hasznos lehet a fizika oktatása, a fizikai fogalmak kialakítása szempontjából. Ezekből adok egy rövid összefoglalót, amelyhez több száz kijavított dolgozatot néztem át.

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



- Többen osztottak a 2808-cal a szorzás helyett.
- Volt, akinél szövegértési probléma akadt, úgy értelmezte, hogy a 2808 darab protoncsomag energiája 7 TeV.

- Volt, aki a kör területével is szorozott, vagy osztott.

- Voltak, akiknek az eV okozott gondot. Majd a b), illetve a d) részekben eV-ban akartak többszörölni a joule helyett.

- Volt, aki jóval nagyobb sebességet kapott, mint a fénysebesség, és ez fel sem tűnt! Többen viszont túl kicsit, ami nem volt gyanús nekik, pedig a feladatról sejteni lehetett, hogy a kismotor viszonylag nagy sebességét akarja demonstrálni.

- Az arany tömegére többeknek oly hatalmas 10^{22} kg, illetve 10^{13} kg érték adódott, amennyi a világon nincsen, és ez fel sem tűnt.

A mozgási energia képlete nagyon sokaknak okozott gondot. Függvénytáblázatot 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, mint arra a bevezetőben is utaltam.

A fizikai témájú szakmódszertani irodalom egy jelentős része foglalkozik a tanulók tévképzeteivel, illetve a fogalmak fejlődésének útjával, a fogalmak differenciálódásával a tanulók fejében [1, 8]. 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. Az alábbi, a hallgatói dolgozatokból származó példák azt mutatják, hogy az energia, impulzus, erő fogalmak differenciálódása sok hallgató esetében még nem történt meg, amely alapvető fontosságú a velük való további foglalkozások (felzárkózató) tematikájának összeállításához, illetve elsősorban fontos lenne a középfokú oktatásban.

- Többen helytelenül tudták 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 a megoldásokban $F = v \cdot m$ 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 (ami valójában nem is külön erő, hiszen sokféle kölcsönhatás során jöhet létre körmozgás), amelyek mindegyike azt mutatja, hogy a hallgatók az energia fogalmát keverik az erővel. 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 az $E_{mozg} = a \cdot m \cdot g$ összefüggés is.

- Sokan voltak, akiknél a mozgási energia $m \cdot v$, vagyis az energia fogalma teljes mértékben keveredik az impulzusfogalommal. E ténynek az az érdekessége, hogy ezt a korábbi kutatások során csak kvalitatív, szöveges megfogalmazások esetében vizsgálták. Esetünkben számításon feladatokról került elő ez a probléma.

- Az olvadáshőről nagyon sokan elfeledkeztek, csak felmelegítették az aranyat az olvadáspontra.

- Érdekes, hogy az olvadáspontra történő felmelegítés esetében néhányan helyesen ki tudták számítani az 1041,6 K hőmérsékletváltozást, amelyet utána „átváltottak” 1312,6 °C-ra.

- Többen olyan meglepő összefüggésekkel akartak számolni, mint $Q = L_0 \cdot m \cdot \Delta T$, annak ellenére, hogy halmazállapot-változás esetében az anyag hőmérséklete állandó. (Ez egyéb céllal íratott hallgatói dolgozatokban is szokott szerepelni vagy képletes, vagy szöveges formában.) Találkoztam továbbá $Q = L_0 \cdot m \cdot \Delta T \cdot c$ összefüggéssel is.

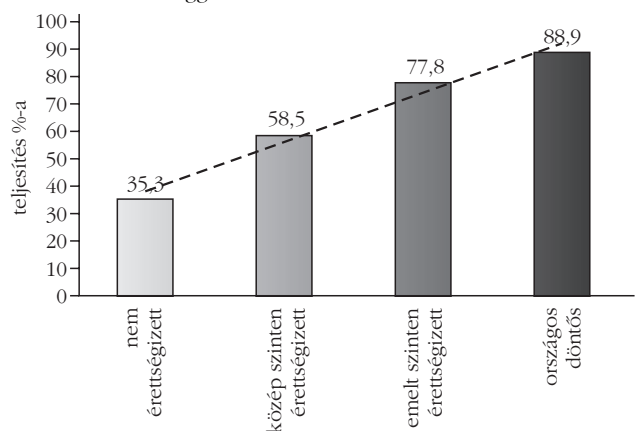
Ezekben az esetekben a hő és a hőmérséklet fogalmak nem megfelelő kezeléséről van szó.

Mint említettem, a Függvénytáblázatot nem használhatták a diákok. Ha megengedték volna, akkor minden bizonnyal kikeresik a megfelelő összefüggéseket. Így azonban azt is felmérhetjük, hogy a diákok fejében mennyire keverednek a különböző fogalmak.

Vizsgáltuk a tanulók teljesítményét az érettségi és a tanulmányi versenyek összefüggésében is (4. ábra). Láthatjuk, hogy azok a diákok, akik versenyeken vesznek részt, sokkal jobban teljesítenek, tehát érdemes a diákokat versenyeztetni! Ez a kép teljesen hasonló a fizika (az ábrán ez látható), a matematika és a kémia, továbbá a 2008-as felmérésnél kapotthoz [6].

Az ábrát úgy is lehet értelmezni, hogy mekkora esélye van egy hallgatónak választott szakja eredményes elvégzésére. Azok a diákok, akik versenyekre készülnek az átlagosnál jóval többet foglalkoznak a tananyaggal, és ez még akkor is így van, ha netán nem érnek el semmilyen eredményt. És ez egészen biztosan pozitív-

4. ábra. Az érettségi, tanulmányi verseny és a dolgozaton elért pontok közötti összefüggés.



van befolyásolja azt, hogy választott felsőoktatási intézményükben miként fognak helyállni! Vagyis a tanulmányi versenyek támogatása biztosan jó befektetés!

A felmérések tapasztalatainak összefoglalása

Lehetne készíteni egyes egyetemek és főiskolák azonos szakjai közötti ragsort is, amely a dékánokat biztos érdekelné, de a *felmérés kizárólag szakmai céllal készült*. Munkámmal nem szeretnék az oktatási intézmények közti bármi féle rivalizálásnak teret engedni. 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 pedig, akiknek nem ez a fő szakjuk, de tanulmányaikhoz elengedhetetlenül szükségesek lennének ezen ismeretek, nyugodtan kimondhatjuk, *többségükben katasztrofálisan kevés előismerettel rendelkeznek*.

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

Minden felmérés esetében *egyértelmű kapcsolat mutatkozott az érettségi vizsgák, a tanulmányi versenyek és a hallgatók tudásszintje között*. Mivel a felmérésben részt vett első BSc fokozatos hallgatók már diplomát kaptak, megállapítható, hogy a három éves képzést kevés kivétellel azok végezték el, akik emelt szintű érettségivel, esetleg versenyen elért eredménnyel iratkoztak be a felsőoktatási intézménybe. Erről nem készült részletes felmérés, de a megvizsgált néhány szaknál ez az állítás igaznak bizonyult.

Fenti tapasztalataink nem újak, ugyanis a belépő hallgatókat – különböző szempontok szerint – évek óta vizsgáljuk. Tehát nem egy év, egyetlen felmérés eredményei alapján szűrtük le e tanulságokat.

Javaulatok a felmérések eredményeinek függvényében

A rossz teljesítmény hosszú időre és sok okra vezethető vissza. *Kizárólag szakmai szempontok alapján* csak néhány, rövid távon orvosolható szeretnénk kiemelni.²

² A témáról további információk, grafikonok és elemzések olvashatók honlapomon [10].

- Az eredmények az érettségi vizsga és a *tanulmányi versenyek* jelentőségét mutatják. 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, például automatikusan kapjon 480 pontot. Ez komoly ösztönzést jelentene a diákok számára.

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

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

- Fontos lenne a gyerekekben a *természettudományos érdeklődés felkeltése*, nemcsak a tanórák keretében (ahol a tanrend szerint kell haladni, amely a gyerekek számára sokszor unalmas), hanem természettudományos hetek szervezésével, neves előadók meghívásával, kiemelkedő tudósok évfordulójának megünneplésével, egyetemi látogatásokkal stb.

- *Reál osztályok* létrehozása, az OKNT ad hoc Bizottsága 2008-as javaslatának megfelelően, a tanárok – akár anyagilag is – nagyobb ösztönzése, az iskolai szertárfejlesztés segítése, a fenti céloknak megfelelő pályázatok kiírása [9].

- A különböző szaktárgyakhoz kapcsolódó *tanulmányi versenyek* támogatása, amely magában foglalja a diákok felkészítését, a diákok tanári kísérésének díjazását, a verseny szervezési, lebonyolítási költségeit.

A dolgozatok eredménytelensége láttán a megírató intézmények legtöbbször felzárkóztató kurzusok indultak, ahol a felsőoktatásban tanító kollégák megpróbálják segíteni a szükséges fogalmi váltások létrejöttét a gyengén teljesítő hallgatóknál. De ez már nem egy esetben késő, hiszen – mint azt bevezetőben írtam – az előzetes tudás elemei nagyon stabil gondolati rendszerek, azok megváltoztatása még a fiatalabb diákok esetében sem könnyű. A felsőoktatásba érkezők esetében pedig a téves elképzelések az évek során még jobban megerősödtek, amint az számtalan hallgatói beszélgetésből, évközi dolgozat eredményeinek elemzésből kiderül.

Az egyik lehetséges megoldás lehetne, ha még *korábbi életkorokban*, az életkori sajátosságoknak megfelelően, kezdenének foglalkozni az élettelen természet jelenségeinek elemzésével, ugyanis *mire elkezdődik a fizika szakrendszerű oktatása, addigra sok tévképzés nagyon megerősödik*. Például a fizikai ismeretek alapját jelentő, a mozgásokkal kapcsolatos azon elképzelés, hogy a mozgás fenntartásához állandó külső erőre lenne szükség. Sok-sok beszélgetésre, a jelenségekre való rácsodálkozásra, a fogalmak kialakításának elkezdésére lenne szükség már az 1–6. évfolyamokon, majd a *tudásrendszer formálódásának folyamatos nyomán követésére*, tantermi kutatásokra,

és nagyobb volumenű felmérések végzésére. Ennek magában kellene foglalnia teszteket, a szakirodalomban bőségesen megtalálható kérdésekkel, amelyeket ki kell egészíteni csoportos és egyéni interjúkkal, hogy a gondolkodás mélyebb rétegeibe is be tudjunk hatolni. Kiemelten fontos, hogy ilyen jellegű munkában tanárszakos hallgatók is részt vegyenek, lehetőleg már saját gyakorlótanításuk alkalmával, de akár előtte is, ellátogatva különböző iskolákba. Az így szerzett tapasztalataikat szakmódszertani szemináriumi foglalkozások keretében, csoporttársaikkal dolgoznák fel. Korábbi főiskolai gyakorlatomban ez így történt, amelyhez komoly segítséget kaptam *Wagner Éva* vezetőtanártól, aki e témából írta doktori értekezését [11]. Ő azóta az IKT (információs és kommunikációs eszközök) bevonásával szakóráin vizsgálja a tanulói tévképzeteket. A felszerelés része egy szavazógép. A tanár tesztel jellegűen fogalmazza meg a kérdést, amelyre a diákok a megfelelő gomb lenyomásával válaszolnak (szavaznak). E módszer óriási előnye, hogy a tanár nagyon hamar látja, a diákok jelentős része miként gondolkodik egy adott kérdésről. Megfelelő kérdések természetesen a feldolgozás közben is feltehetőek, így a tanítási folyamat közben is lehet figyelni a tanulók tudásának alakulását.

A fentiekben leírtak alapján a tanárképzésben a *szakmódszertan hídszerepet* tudna betölteni a szakmai és a pedagógiai tantárgyak között. A tanulói félreértelmességek elemzése segíti a hallgatókat a szakmai részekben is, így az egyetemi tanulmányok végére mind kevesebbnek marad tévképzete. Tanítást kísérő szemináriumokon is célszerű a felmerült tévképzeteket elemezni, és azok „leküzdéséről”, annak pedagógiai lehetőségeit elemezni, mint például kics csoportos beszélgetés, majd összegzés stb. Ezzel egyben az újszerű munkaformák

szakmai-pedagógiai alkalmazását is tanulják a tanárjelöltek. A magam részéről a fentieket sikerrel alkalmaztam a régebbi főiskolai képzésben.

Írásomban arra kívántam rámutatni, hogy a fogalmi váltás folyamata empirikusan vizsgálható, akár a tanárok *mindennapi osztálytermi munkája* során is, segítve ezzel tanítványaikat az alkalmazható tudás megszerzésében. Célszerű elemezni a különböző dolgozatkérdések megoldási arányaiból levonható következtetéseket, amelyek kijelölhetik a tanári munka folytatási lehetőségeit.

Irodalom

1. Nahalka I.: *Hogyan alakul ki a tudás a gyerekekben?* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2002.
2. Borzák A., Radnóti K.: A fogalmi fejlődés vizsgálatának lehetőségei a mechanika tanítása során. *A Fizika Tanítása XVII/3* (2009) 1–14.
3. Korom E.: *Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2005.
4. Holics L.: A fizikai fogalmak kialakításának egyes problémái a középiskolában. *Fizikai Szemle 22* (1972) 111.
5. Fényes Imre: *A fizika eredete*. Gondolat Kiadó, Budapest, 1980.
6. Radnóti K., Pipek J.: A fizikatanítás eredményessége a közoktatásban. *Fizikai Szemle 59/3* (2009) 107–113.
7. R. Cid, X. Cid: Taking energy to the physics classroom from the Large Hadron Collider at CERN. *Physics Education 44/1* (2009) 78–83.
8. M. T. H. Chi, J. D. Slotta, N. deLeeuw: From Things to Process: A Theory of Conceptual Changes for Learning Science Concepts. *Learning and Instruction 4* (1994) 27–43.
9. Radnóti K.: A természettudományi nevelés és a fizikaoktatás helyzete a 2008-as tanári felmérés tükrében. *Új Pedagógiai Szemle* (2009/3) 3–17.
10. http://members.iif.hu/rad8012/index_elemei/kriterium.htm – Radnóti Katalin honlapja
11. Wagner É.: *A gyermeki elképzelésekkel és változásaikkal kapcsolatos ismeretek és alkalmazásuk a konstruktivista szemléletű fizika tanítás során*. PhD értekezés. ELTE PPK Neveléstudományi Doktori Iskola, 2009.

KÍSÉRLETEZZÜNK HÉTKÖZNAPI ESZKÖZÖKKEL!

Jendrék Miklós
Boronkay György Műszaki Középsiskola
és Gimnázium, Vác

„A legjobb bizonyítás a tapasztalat,
feltéve, ha kísérletekre támaszkodik”
Francis Bacon

A fenti címet adtam a kísérleti bemutatómnak, amelyet a Békéscsabán rendezett 51. Országos Középsiskolai Fizikatanári Ankét és Eszközbemutató egyik műhelyfoglalkozására készítettem. A legegyszerűbb hétköznapi tárgyak, illetve eszközök is alkalmasak számos – fizika tanításában felhasználható – jelenség, folyamat szemléltetésére, tanulmányozására. Tudatosan választottam olyan eszközöket, amelyek ugyan nem a legkorszerűbbek, de széles körben elterjedtek. Ezek szétszerelhetőek, szerkezetük jól áttekinthető. A megfigyelhető folyamatok, jelenségek elemzése lehe-

tővé teszi a tanulók számára a korszerűbb – bár szerkezetük tanulmányozására alkalmatlan – eszközök működési elvének megértését.

A kísérletek elvégzésére használt eszközök egy része hálózati feszültségről üzemel. Ezért ezek megismétlése fokozott elővigyázatosságot, odafigyelést igényel. Elvégzésük, bemutatásuk – a balesetvédelmi előírások szigorú betartása mellett – csak demonstrációs céllal javasolt.
