

FIZIKATANÍTÁS: MIT, HOGYAN, KINEK?

Egri Sándor – Debreceni Egyetem Fizikai Intézet, Kísérleti Fizikai Tanszék
Máth János – Debreceni Egyetem, Pszichológiai Intézet

2012. december 21-én az Oktatáskutató és Fejlesztő Intézet honlapján elérhetővé váltak az új fizika kerettantervek. Ezek közül a *B* jelű kerettanterv lényegében a korábbiak felépítését követi, illetve kiegészül a Nemzeti Alaptantervben megjelent – korábban a tananyagban nem szereplő – új tartalmakkal. Az *A* jelű kerettanterv azonban egészen új elrendezést követ, amennyiben a megváltozott tananyag egy jelentős részét inkább a természetben és a technikai környezetben való előfordulás szerint csoportosítva tárgyalja és nem minden esetben követi a korábban megszokott sorrendet. Erre utalnak például a következő témakörök: *A Nap, Energiaátalakító gépek, Hasznosítható energia, Vízkörnyezetünk fizikája, Hidro és aerodinamikai jelenségek, A repülés fizikája. A Hasznosítható energia* fejezetben belül (9-10. osztály) megjelenik az atomenergia, a tömeghiány fogalma, a tömeg-energia ekvivalencia elve, ami világossá teszi, hogy a címek nem csak formális változást jelentenek, hanem a tananyag egészét érintő lényeges szemléleti változást. A két változat együttélése jelzés arra nézve, hogy a fizika tanítása problémákkal birkózik. A problémák érzékeltetésére két korábbi vizsgálat eredményét emeljük ki. Az első azt mutatja, hogy a diákok nagyon keveset tudnak a középiskolai tananyagból (különösen akkor, ha nem érettségiztek fizikából), a második pedig azt, hogy a diákok általában nem is szeretik a fizikát.

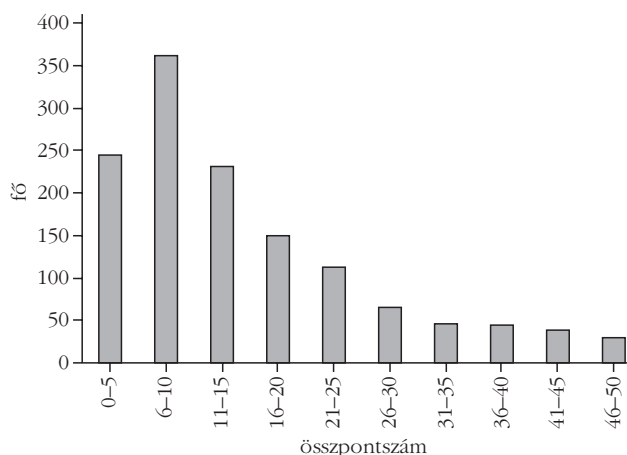
Az 1. ábra az egyetemekre bekerült hallgatókkal íratott fizika dolgozatok eredményét mutatja (kiemelve [1]-ből).

Az egész országban végzett felmérés során a tanulók a Mennyire szereted a következő tárgyat? – kérdésre válaszoltak 1-től 5-ig terjedő skálán, amely a nagyon nem szeretem (1) és a nagyon szeretem (5) szélsőségek között adott alkalmat a fizika iránti vonzalom kifejezésére. A *Csapó Benő* írásából [2] kiemelt grafikon mutatja az eredményt (2. ábra). A fizika egyértelműen és az idősebbeknél egyre növekvő mértékben leszakadva a többitől a legkevésbé kedvelt tantárgy. Ez a tény, amelyet azóta több hasonló felmérés is megerősített [3], egyéb okok mellett nyilván szerepet játszik abban, hogy a fizikatanári pálya különösen népszerűtlen. A szerző levonja a következtetést: „Ez a két tárgy (a fizika és a kémia) annyira népszerűtlen, annyira eltér a többitől, hogy az már jelentősen akadályozhatja oktatásukat.

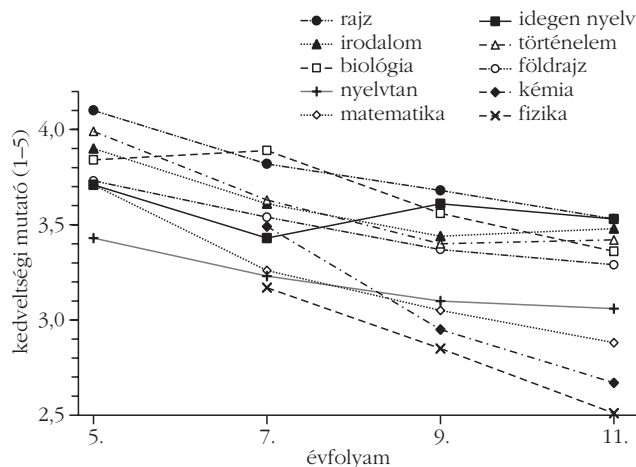
Ez a jelenség egyben komoly tantervi, tanítás-módszertani problémákra utal.” [2, 351. old.]

A világszerte hasonló eredmények miatt a fizika tanításával kapcsolatban több tudományos vizsgálat is indult. Az egyik ilyen a *Carl Wieman* Nobel-díjas fizikus által irányított, ami elsősorban a tanítás módszertanára összpontosít [4], a másik az *American Journal of Physics* egy ideig papír alapon is megjelenő mellékletével azonos elnevezésű *Physics Education Research*. Wieman kutatási eredményeit összefoglaló előadásában rámutat egyrészt arra, hogy az eredményes tanulás *komoly erőfeszítést igénylő, energiaigényes folyamat*, aminek a tanuló csak akkor vág neki, ha *megfelelő motivációval rendelkezik*. A tanárokat arra biztatja, hogy inkább kérdezzenek a diákoktól, mert ez fenntartja érdeklődésüket és segít nekik saját energiáik mozgósításában. A *Physics Education Research* tanulási folyamattal kapcsolatos eredményei azt mutatják, hogy a diákok minden esetben előzetes ismeretek, elképzelések birtokában lépnek be az iskolába, bár ezek az ismeretek nem feltétlenül helyesek vagy tudományosan helytállóak. Az oktatás során a tanultakat összevetik saját eredeti elképzeléseikkel. Az összevetés egyik lehetséges következménye, hogy kezdetleges elképzeléseiket, naiv, korlátozott tapasztalatokon alapuló magyarázataikat a fogalmi váltásnak nevezett folyamat során felcserélik a tudományosan megalapozottabb világmépből (például a Föld kezdetben lapos, későbbi lesz gömb alakú). Az oktatás hatékonyságát növeli, ha az oktató ismeri a tanuló előzetes ismereteit, illetve tévképzeteit [5, 6].

1. ábra. A hallgatók által elért eredmények összpontszám-eloszlása.



A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az OTKA (K-105262) támogatta.



2. ábra. A tantárgyakkal kapcsolatos attitűdök változása az iskolai évek során.

Az előzőek inspirálták, hogy egy felmérés során alaposan megvizsgáljuk az egyetemre bekerülő hallgatók fizikatudását, illetve néhány fizikai kérdéssel kapcsolatos mentális modelljeit.

A tudáspiramis

A tudást általában tudáselemek és a köztük lévő kapcsolatok segítségével modellezik. A tudáselemek a tudás adott vizsgálat szempontjából tovább nem bontott elemei. A tudáselemek összessége alkotja a tudásbázist, a tudáselemek közötti kapcsolatok pedig a tudás szerkezetét. A tapasztalatok azt mutatják, hogy a tudásbázis elemei egyfajta piramist alkotnak, aminek alján a fizikai tudás hétköznapi tapasztalatra épülő alapelemei foglalnak helyet, majd az egymásra épülő szintek fokozatosan vezetnek a világot leíró absztrakt modellek, képletek és axiomatikus elméletek megértése felé. A tudás szerkezetének elemzése nem újdonság, a „tudástérelmélet” [7, 8] éppen azt vizsgálja, hogy az egyes tudáselemek milyen előfeltétel-kapcsolatban vannak, és hogy egy adott feladat rossz megoldása mögött milyen tudáselemek hiánya húzódik meg.

A mérés és az eredmények ismertetése

Alább egy vizsgálat eredményeit ismertetjük, ahol a dolgozat feladatainak összeállításánál szakítottunk a hagyományos sémákkal, a fent említett tudáspiramis különböző szintjeire kérdezve rá.

Az első feladatban a gáztörvényben szereplő fizikai mennyiségeket kellett kiválasztani a többi közül, ez a tudáselem helyezkedik el a tudáspiramis alján (*kiválasztás*). A második feladatban néhány, a gázok állapotváltozásával kapcsolatos, a gáztörvényben szereplő mennyiség páronkénti kapcsolatára vonatkozó állítást kellett jól befejezni (*állítás*). A harmadik feladat a gáztörvény képletének ismeretét vizsgálta. A negyedik egy egyszerűbb, az ötödik egy bonyolultabb, a gáztörvény felhasználását igénylő számolási



3. ábra. Forró konzerv nyitásához sem árt tudni a gáztörvényt.

példa volt (*számolás1*, *számolás2*), a hatodik pedig egy „mi történik?” típusú kérdés, ami a tanultak hétköznapi helyzetben való alkalmazását igényelte. (Mi történik, amikor megpróbáljuk felnyitni a zárt konzervdobozban felmelegített ételt? 3. ábra)

Ami a tudás nagyságát illeti, a diákok körülbelül 80%-a helyesen választotta ki a nyomást, térfogatot és hőmérsékletet az első feladatban, 50%-uk a részecskeszámot. Ők nyilván a $PV/N =$ állandó alakban ismerték a gáztörvényt. A két mennyiség egyenes arányosságára vonatkozó állításokat a diákok körülbelül 65%-a ismerte fel jól, a fordított arányosság esetén ez az arány 50%. A gáztörvény formuláját 70%-uk tudta, nem volt elég a képlet leírása, szöveges ismertetésre is szükség volt. Az egyszerű számolási feladatokat a képlet megadása után is csak mintegy 30%-uk oldotta meg jól, különösen sokan követtek el hibát a mértékegységek használatakor. Az egyszerű gyakorlati kérdésekben 65%-uk gondolkodott jól, 35%-uk megegetné magát a váratlanul kifröccsenő étellel. Az izochor melegítéssel kapcsolatban a fizikaórán tanult ismereteket bizonyíthatóan a diákok 34%-a idézte fel megfontolásai során.

A tudásszerkezet vizsgálata

Az ideális gáz állapotjelzői közötti kapcsolatot egyszerű képlet írja le. Az egyes állapotjelzők változására tett állítások helyességének eldöntésénél mégsem bizonyult döntőnek a képlet ismerete.

Az 1. táblázat azt mutatja, hogy a képlet előzetes ismerete nincs szignifikáns kapcsolatban a szöveges állítások befejezésével. Nagyjából ugyanolyan arányban fejezték be jól vagy rosszul az állításokat a diákok, akár tudták a képletet (alsó sor a táblázatban), akár nem (fölötte lévő sor a táblázatban). Ez akkor

A helyes válaszok és a képlet ismeretének kapcsolata

		1. állítás		2. állítás		4. állítás	
		rossz válasz	jó válasz	rossz válasz	jó válasz	rossz válasz	jó válasz
a képletet	nem ismeri	14 (40%)	21 (60%)	9 (26%)	26 (74%)	16 (46%)	19 (54%)
	ismeri	29 (37%)	49 (63%)	28 (36%)	50 (64%)	42 (54%)	36 (46%)

lehetséges, ha sok diák helyesen fejezte be az állításokat a képlet ismerete nélkül is! Az igazán érdekes kérdés azonban az lehet, hogy a képlet előzetes ismerete vagy az állítások megtanulása mennyire van kapcsolatban a számolási feladatok, illetve a gyakorlati probléma helyes megoldásával?

A statisztikai elemzés szerint az állítások befejezése szorosabb kapcsolatot mutatott a számolási feladatok megoldásával, mint a képlet előzetes ismerete. A képlet előzetes ismeretének az alkalmazási feladat (konzervmelegítés) eredményéhez sincs statisztikailag kimutatható köze, csak az állítások befejezésének. E szerint, ha legalább egy állítást sikerült jól befejezni, szignifikánsan nőtt annak esélye, hogy a diák megemlíti: a melegítés állandó térfogat mellett valósul meg. Ez pedig biztos jele annak, hogy a hétköznapi probléma megértése során a gáztörvénnyel kapcsolatos ismereteit használta a diák. A képlet ismeretéből és az állítások helyes befejezéséből együttesen viszont már következik a számolási feladatokban és a gyakorlati probléma megoldásakor nyújtott jobb teljesítmény.

Mi a baj a képletekkel?

A természettudományok és ezen belül a fizika tanításával, tanulásával gondok vannak.

Látunk kell, hogy valami megváltozott a fizikatanításban és a világban is. Az előbbi esetén – az óraszámok csökkenésével – háttérbe szorult a kísérletezés, a tanítás elméletibb irányt vett. A tankönyvekben lévő tananyag tárgyalása rövid felvezetés után hamar eljut a képletek absztrakt szintjére, és innen már a fizika a képletekbe való – nehezebb feladatoknál algebrai kitérőkkel nehezített – behelyettesítésben testesül meg.

A külvilágról elmondhatjuk, hogy a diákok sem olyanok már, mint korábban. Öntudatosabbak, jobban szem előtt tartják saját érdekeiket – és nem szívesen csinálnak olyasmit, aminek nem látják hasznát. És azt mindenki jól tudja, mekkora hatásfokkal lehet tanítani azt, aminek hasznosságát a diák nem látja be [4].

Ezen túlmenően az informatikai eszközök térhódítása is mérhető hatással van rájuk: a böngészéssel töltött rengeteg idő a rövid szövegek olvasásához és azt kiegészítő képekhez, videókhoz szoktatja az elmét, ami így pillangóként lebben egyik tartalomról a másikra – komoly elmélyedés nélkül. Tévénézési magatartásukra a távkapcsoló adta teljhatalom nyomja rá bélyegét. A különböző szoftverek, honlapok, okostelefonok használata során felmerült problémák megoldásának – és többnyire ilyenekkel találkozunk – esetükben tipikus módja a próbálkozás, nem törekednek az egész rendszer „magas” nézőpontból való megértésére. Láthatóan nem divatos problémamegoldási eszköz az absztrakció. Ez ugyanis a tényleges problémától való átmeneti távo-

lodást és extra erőfeszítést is jelent, ami a praktikus észjárás számára egyáltalán nem vonzó lehetőség.

Az írás előző részeiben ismertetett eredmények arra utalnak, hogy egy képlet mély megértése egy olyan piramis csúcsát jelenti, amelyre a legtöbb diáknak egyáltalán nem könnyű feljutnia, és a képlet megtanulása messze nem jelenti a feljutást. Ehhez kell az a komoly erőfeszítés, amiről Wieman professzor beszél. Kérdés, mi adja az erőt és elszántságot?

Talán meglepően hangzik, de ugyanaz, ami a tudósnak: ez által jobban megérthetünk olyan jelenségeket, amelyek önmagukban is érdekesek. Tehát a diákok számára érdekes jelenségek kellene, mert e nélkül nincs értelme megmászni a piramist. Ráadásul mindezt olyan csatornákon, módokon kell megmutatni, amelyeket ők használnak és értenek. Fentebb utaltunk rá, mennyire fontosak lettek a képek és videók.

Ezzel szemben a közelmúlt tankönyveiben és tananyagaiban az érdekes jelenségek és technikai alkalmazások gyakran a margón, az olvasmányban, az apróbetűs részben, a tananyag végén jelennek meg, míg a képletek gyakran a szöveg elején, piros keretben hangsúlyozva. Ezután többnyire olyan feladatok következnek, amelyekkel a képlet hasznosságát próbálják demonstrálni, de ezek gyakran olyanok, amelyeket magunktól sose akarnánk megoldani. Ha ezek izgalmas feladatok lennének, akkor is fordítva ülnénk a lovon, mert nem a hegytetőn kell bizonygatni, milyen hasznos volt felmászni, hanem a hegy lábánál kell azt elmondani, milyen jó is lesz majd fent. E miatt óriási luxus olyan példákkal élni a képletek előtt, amelyek nem köszönnek vissza a feladatokban. Így a példák megértésébe fektetett erőfeszítés nem hasznosul kellőképpen.

A jelenségek kapcsán van értelme definiálni a fogalmakat, amelyeket minél több szóval kell kötni a konkrét tapasztalatokhoz. Az emberi megismerés alapvető törvénye gyerekkortól kezdve, hogy új fogalmakat akkor használunk, ha tapasztalatainkat a régi fogalmakkal nem tudjuk megragadni [10]. Azonban azzal is tisztában kell lenni, hogy egy működő fogalom felépítéséhez nagyon sok konkrétumra, (lehetőleg saját) tapasztalatra, időre és erőfeszítésre van szükség [11]. Máshonnan közelítve a megismerés útja a konkrétól (vagyis az érzékszervekkel érzékelhetőtől) az absztrakt (érezékszervekkel nem érzékelhető) felé halad, mert az absztrakt sémák a konkrétabbakból építkeznek, és azt tudjuk igazán megérteni, amire már van valamilyen sémánk [12]. Ennek nem mond ellent az a tény, hogy a diákok kisebb része megérti a képletcentrikus, abszt-

rakt tárgyalásmódot is. Ők ugyanis ezen az úton haladva már létrehozták azokat az absztrakt sémákat, amelyek túllépnek az adott témakörön és egy másik területen felbukkanva különösebb alapozás nélkül is használhatók. Gondoljunk például a gáztörvényre és annak képletére. A megértés egy bizonyos szintjén nyilvánvalóvá válik, hogy az ilyen képletek esetén, ahol csak szorzások és osztások szerepelnek, két mennyiség között – ha a többi állandó – csak egyenes vagy fordított arányosság lehetséges. Azonban az előző fejezetben ismertetett vizsgálatban láthattuk, hogy a képletek ilyen mélységű megértése még a mérnök-informatikus egyetemisták esetén sem nyilvánvaló.

Továbbá az is lehetséges, hogy a konkrét szinttől eltávolodva olyan analógiával élünk, ami ugyan absztrakt, de más területről származik, ahol az adott séma már jól ki van építve. Például az áramerősség definíciója előtt érdemes körüljárni ezt a kérdést a folyóvíz áramlási sebessége segítségével. Azonban ilyenkor is szükség van arra, hogy az így elért megértést összekapcsoljuk a konkrétumokkal, példák ismertetésével. Ellenkező esetben a tudás – kapcsolódás híján – zárványként marad meg vagy egyszerűen „elkopik”.

Nem sok értelme van például – pedig bevett szokás a tankönyvekben – súrlódási együtthatóról beszélni anélkül, hogy ismertetnénk néhány konkrét példát mondjuk a banánhéj-aszfalt, autógumi-aszfalt, korcsolya-jég esetén. Az együtttható értékét könnyebb szemléltetni azzal, hogy milyen meredek lejtőn indul csúszásnak az adott anyag.

Hasonlóan szembemegy a megismerés tipikus útjával a tanítás, ha az absztrakt ismeret oly magas szintről indul visszafelé, amivel a gyerekek többsége nem tud mit kezdeni. Ilyen például amikor a II. Newton-törvényt a legabsztraktabb $F = \Delta I / \Delta t$ alakkal kezdik – így a többség biztosan nem érti meg. Ráadásul ebben a formában annyira távol áll tőlük a képlet jelentése, hogy az inkább a megértés reménytelen voltáról győzi meg őket. Továbbá az sem mindegy a megértésre törekvő diák szempontjából, hogy az $F = m \cdot a$ vagy az $a = F/m$ alakkal találkozik először. Amíg az utóbbi jól értelmezhető a hétköznapi tapasztalatok felől, addig az előbbi annak az erőnek új definíciójaként tűnik fel a diákok számára, amit – például a rugós erőmérő kapcsán – már ismerni véltek.

Ha a tanítás tempója túl gyors, felfelé száguldunk a piramison, könnyen ugrunk túl nagyot, és nem ismerjük fel annak a szintnek a fontosságát, ahol a „minél inkább, annál inkább” jellegű kapcsolatok vannak. A gáztörvény esetén ez például azt jelentené, hogy ha nő a térfogat, csökken a nyomás, ha nő a hőmérsék-

let, nő a nyomás stb., feltéve, hogy a többi paraméter állandó. A hétköznapi problémák jó része ugyanis, amikor műszerek híján nincsenek pontos adataink, ezen a szinten oldható meg, mint például a feladatsorban szereplő konzerv melegítésének esete. Fontos megérteni, hogy a többség számára nem a képletlen át vezet az út a hétköznapi problémák megértéséhez, hanem éppen fordítva: a képlet fontossága akkor válik nyilvánvalóvá, amikor konkrét adatokkal rendelkezünk, pontos eredményekre van szükségünk, tehát amikor a „minél inkább, annál inkább” szintű gondolkodás már nem elég. Azonban itt is fontos, hogy a feladatok érdekesek és életszerűek legyenek.

Jó példa lehet a hőlégballon, ami a levegő melegítésével emelkedik fel. Itt már annak a felismerése, megértése is fontos és figyelemre méltó, hogy a melegítés állandó nyomás és közel állandó térfogat mellett valósul meg (amikor a léggömb már magasan repül) és így a hőmérséklet emelkedésével csökken a ballonban lévő anyagmennyiség. Ugyanakkor nyilvánvalóvá válik a képlet haszna is, ha ki akarjuk számolni, hogy adott súlyú (emberekkel teli) kosár felemeléséhez mekkora léggömb és milyen melegítési teljesítmény kell. Ami pedig a motivációt illeti: minden olyan élmény segíthet, ami közelebb visz egy igazi léggömbhöz – a filmnézéstől egy konkrét léggömb megtekintésén át akár a levegőbe emelkedésig.

Irodalom

1. Radnóti K., Pipek J.: A fizikatanítás eredményessége a közoktatásban. *Fizikai Szemle* 59/3 (2009) 107–113.
2. Csapó B.: A tantárgyakkal kapcsolatos attitűdök összefüggései. *Magyar Pedagógia* 100/3 (2000) 343–366.
3. Csikos Cs.: Melyik a kedvenc tantárgyad? Tantárgyi attitűdök vizsgálata a nyíltvégű írásbeli kikérdezés módszerével. *Iskolakultúra* 2012/1 3–13
4. <http://www.cwsei.ubc.ca/>
5. Vosniadou, S.: Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction* 4 (1994) 45–69.
6. Hammer, D.: Student resources for learning introductory physics. *American Journal of Physics, Physics Education Research Supplement* 68/S1 (2000) S52–S59.
7. Taagepera, M.; Potter, F.; Miller, E. G.; Lakshminarayan, K.: Mapping students' thinking patterns by the use of the knowledge space theory. *International Journal of Science Education* 19/3 (1997) 283–302.
8. Doignon, J.; Falmagne, J.: *Knowledge Spaces*. Springer-Verlag, Berlin, 1999.
9. Csikszentmihályi M.: *Flow – az áramlat, a tökéletes élmény pszichológiája*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1997.
10. Piaget J.: *Az értelem pszichológiája*. Gondolat kiadó, Budapest, 1993.
11. Vosniadou S.: Tanulás, megismerés és a fogalmi váltás problematikája. *Magyar Pedagógia* 101/4 (2001) 435–448.
12. Neisser, U.: *Megismerés és valóság*. Gondolat kiadó, Budapest, 1984.



**Az Eötvös Társulat
főnt van a **facebook** -on!**



<https://www.facebook.com/pages/Eötvös-Loránd-Fizikai-Társulat/434140519998696?fref=ts>