

A természettudományos fogalmak megértésének problémái

A napjainkban tapasztalható információrobbanás sajátos következménnyel jár a természettudományok oktatása szempontjából. Egyrészt rohamosan nő az az ismeretanyag, amit a diákoknak el kell sajátítaniuk, hogy az oktatás lépést tartson a tudomány fejlődésével, másrészt egyre többször kényszerülnek a tanulók arra, hogy a mindennapi életben is használják a megszerzett ismereteiket: például a technika egyre nagyobb szerepet játszik életünkben, meg kell védeni egészségünket, oda kell figyelni környezetünk védelmére, számos szakma kíván sokrétű természet-tudományos tudást. Az iskolai képzéssel szemben támasztott kettős igény kapcsán sok megválaszolandó kérdés vetődik fel. Mennyire tud eleget tenni az iskola e két különböző feladatnak? Mennyire korszerű és gyakorlatias a diákok természettudományos tudása? Mennyire értik és hogyan tudják alkalmazni a tanulók az iskolában megszerzett ismereteiket a hétköznapi életben?

A magyar oktatási rendszer nagy erénye, hogy magas színvonalú elméleti képzést nyújt. A nemzetközi összehasonlító vizsgálatok eredményei is azt jelzik, hogy a magyar diákok tudása a természettudományokból és matematikából a világ élvonalában van. Sajnos, az előkelő helyezésünkről le kellett mondanunk, mikor a tanulók elméleti ismeretei helyett azt vizsgálták a kutatók, hogyan tudják alkalmazni megszerzett ismereteiket a tanulók az iskolaitól kissé eltérő feladatokban. Gyakori tapasztalat az, hogy a középiskolások jól memorizálják és a megszokott, rutin feladatokban kiválóan alkalmazzák a különböző tényeket, definíciókat, formulákat, szabályokat, de a megszerzett ismereteiket nem képesek más szituációkban felhasználni. Az egyes tantárgyak ismeretanyagát a tanulók külön kezelik és nem tudják alkalmazni például matematikai ismereteiket kémiaórán, netán a kémiából tanultakat biológia- vagy fizikaórán. A sokéves képzés ellenére is képtelenek arra, hogy megadják az egyszerű hétköznapi jelenségek tudományos magyarázatát, pedig a szükséges ismereteket az oktatás során megkapták.

E jelenségeket sokféleképpen próbálták már megmagyarázni. A leggyakoribb okként általában azt jelölték meg, hogy a tananyag túl absztrakt, ami miatt sok diák csak megtanulja, de nem érti meg az órán elhangzottakat, a tankönyvben leírtakat, mert az meghaladja értelmi szintjét, gondolkodási képességeit. A problémákat magyar kutatók is vizsgálták már. Egy adott tantárgyi tartalom jobb elsajátítása érdekében számos kísérlet történt. (1)

A tanulók sikertelenségének egy további megközelítését adják azok a vizsgálatok, amelyek feltárták, hogy a diákok a többéves képzés ellenére is számos olyan fogalommal rendelkeznek, melyek nem felelnek meg az általánosan elfogadott természettudományos nézeteknek. Ezeket a fogalmakat a szakirodalom *tévképzeteknek* (misconception) nevezi. Az utóbbi két évtizedben feltérképezték a természettudományok különböző területeinek

A tanulmány alapjául szolgáló felmérést az Országos Tudományos Kutatási Alap által támogatott, TO18577 számú kutatási program keretében végeztük.

alapvető fogalmait, fogalomrendszereit és azt tapasztalták, hogy minden esetben jelentős a tévképzeteket hordozó diákok aránya. Fizikából a newtoni törvények elsajátítását és alkalmazását vizsgálták leginkább. *Clement* tárta fel először a „mozgás magában foglal egy erőt” tévképzetet abban az azóta is sokat emlegetett feladatban, amelyben a feldobott pénzérmére ható erőt kellett meghatározniuk műszaki főiskolásoknak. (2) A newtoni törvények értelmében a közegellenállástól eltekintve csak a gravitáció hat az érmére. Ezzel szemben a tipikus rossz válasz az volt, hogy amíg az érme felfelé halad, a kezünkből származó „feldobó” erő felemeli az érmét, a holtpontra ez az erő és a gravitáció egyenlő, majd a „feldobó” erő mind kisebb lesz a gravitációnál és az érme leesik. Ez a válasz azt a téves elképzelést jelzi, hogy egy tárgy csak akkor tud mozogni, ha egy erőforrásból származó erő hat rá! Kémiából nagyon sokat tanulmányozták az atomok és a molekulák fogalmának, tulajdonságainak megértését. *A. K. Griffiths* és *K. R. Preston* olyan tévképzeteket tárt fel, mint „a vízmolekulák két- vagy több folyékony gömbből állnak”; „fázisátalakuláskor megváltozik a molekulák alakja, mérete és tömege”; „az atomok élnek, mert mozognak”. (3) *H. Gardner* idéz néhány, biológiában feltárt tévképzetet, mint amelyben „a növény számára a talaj a táplálék, a növény gyökere felszívja a talajt”, vagy „az evolúció célja az ember tökéletesítése”. (4) A Földdel mint égitesttel kapcsolatban többek között *S. Vosniadou* azonosított néhány tévképzetet: „két Föld van, egy lapos, melyen az emberek élnek és egy gömb az égen”; „a gömb alakú Föld alja és teteje lapos, itt élnek az emberek”. (5) Az eddigi vizsgálatok egybehangzóan azt mutatják, hogy a tévképzetek stabilak, mélyen gyökereznek, ellenállnak az oktatásnak, (6) gyakran még felnőtt korban is megmaradnak (7) és hasonlóságot mutatnak a természettudományok történeti fejlődése során felbukkanó elméletekkel (8). A tévképzetek eredetét a kutatók azzal magyarázzák, hogy a gyerekek nem tiszta lappal kezdik meg az iskolát, hanem megfigyeléseik, hétköznapi tapasztalataik és környezetből szerzett ismereteik révén kialakítanak egy egyéni világszemléletet.

A gyerekek világról való naív vagy intuitív elképzelései természetszerűleg hordoznak hibás fogalmakat, hiszen a gyerekek elsősorban a tapasztalataikra építenek, hajlamosak az én- és emberközpontú magyarázatokra, a dolgokat emberi vagy állati tulajdonságokkal ruházzák fel (pl. érzés, akarat). Sok esetben olyan nézeteket képviselnek, melyek évszázadokkal ezelőtt uralkodtak, a természet közvetlen megfigyelését tükrözték és a tudomány már régen túlhaladta azokat. Ilyen például „a Föld lapos”, vagy az „egy tárgy csak akkor mozog, ha egy erő mozgásban tartja”. Az iskolai képzés feladata az, hogy a gyerekek világról alkotott elképzeléseit bővítse, kijavítsa náluk a meglévő hibákat és elérje azt, hogy az iskolát elhagyó tanulók egy korszerű, tudományos világszemlélettel rendelkezzenek, s tudjanak arról, hogy környezetük alapvető jelenségeit a tudomány ma hogyan magyarázza. Ahogyan azt a tévképzetkutatások eredményei jelzik, ez a cél nem valósul meg igazán. Az iskolából kilépő tanulók nagy részénél megmaradnak azok a tévképzetek, melyek már az iskolába lépés előtt is jelen voltak, sőt a tanulás során újabbak alakulhatnak ki náluk. Ennek az az oka, hogy iskolába kerülve a gyerekeknek fel kell hagyniuk azzal a gondolkodási móddal, a világ megismerésének azzal a módszerével, amellyel addig jól boldogultak. A már meglévő fogalmi készletükbe be kell illeszteniük olyan fogalmakat, amelyek ellentétben állnak saját fogalmaikkal, például azért, mert egy-egy fogalom iskolai és hétköznapi jelentése eltér egymástól (pl. tápanyag, anyag, erő, élőlény). A gyerekek nem értik meg az új, tudományos fogalmakat akkor sem, ha azokat megfelelő kapcsolódási pontok hiányában nem tudják beilleszteni fogalmi hálójukba, azaz nincsenek az adott témával kapcsolatos előismereteik. Az iskolai képzés során közvetített új ismeretek tanulásának lehetséges kimeneteit *R. J. Osborne*, *B. F. Bell* és *J. K. Gilbert* a következőképpen foglalták össze:

- a diákok az új ismereteket egyszerűen elvetik;
- az új ismereteket eltorzítják, hogy azok megfeleljenek az eredeti nézeteiknek;

- az új ismereteket elszigetelten kezelik, nem kapcsolják össze a régiakkal;
- az új ismereteket elfogadják, de nem tudják helyesen beilleszteni a már meglévők közé;
- az új ismeretekből egy koherens rendszert hoznak létre, amely vagy megfelel a korábbi nézeteiknek, vagy nem. (9)

A vizsgálatok során mindegyik esetre találtak már példákat. Leggyakrabban talán az a két eset fordul elő, hogy a tanulók sikertelenül ötvözik össze a régi és új ismereteiket. Például: „a gömb alakú Föld alja és teteje lapos, itt élnek az emberek”. A másik eset pedig az, amikor az ismeretek összeillesztése sikertelen, a régi és az új információ nem kapcsolódik egymáshoz, hanem a helyzettől függően, de egymástól függetlenül működnek. Ez gyakran tapasztalható, amikor a tanuló egy adott dolgot a megszokott, iskolai feladatokban jól meg tud magyarázni az órán tanultak alapján, de ha ugyanaz a probléma hétköznapi szituációban jelenik meg, akkor a tudományos magyarázat helyett felbukkannak az eredeti elképzeléseik, melyek sokszor tévképzetek. Tipikus példa erre a már említett, mozgással kapcsolatos tévképzet. A tanulók jól vissza tudják adni a newtoni törvényeket, de például a pénzfeldobásos feladatban az erő fogalmát többségük a hétköznapi módon értelmezi. Sok esetben a diákokban egyugyanazon témával kapcsolatban kétféle tudás él: az „iskolai” és a „hétköznapi” tudás.

A tévképzetek kutatásának eddigi eredményei és az azok kapcsán felmerülő kérdések készítették bennünket arra, hogy az 1995 tavaszán végzett felmérésünkben megvizsgáljuk, diákjaink mennyire értettek meg néhány alapvető fizikai és kémiai fogalmat, s hordoznak-e velük kapcsolatban tévképzeteket.

Célok

Vizsgálatunk célja többek között annak megállapítása volt, hogyan értettek meg 13 és 17 éves diákok olyan alapvető fizikai és kémiai fogalmakat, mint a párolgás, a gázok és folyadékok összenyomhatósága, a fény szerepe a látásban, valamint a hővezetés, mozgás, viszkozitás. Mivel a hetedikesek még csak egy évet tanultak fizikát, kémiai tanulmányaikat pedig éppen csak kezdték, a középiskolásokkal ellentétben, még nem tanulták e fogalmak nagy részét. Ezért választ kerestünk azokra a kérdésekre is, hogy a diákok milyen egyéni nézetekkel, fogalmakkal rendelkeznek, amikor megkezdik a természettudományos tantárgyak tanulását és hogyan fejlődnek, változnak náluk ezek a fogalmak, továbbá melyek a leggyakrabban előforduló tévképzetek és ezek aránya hogyan változik a négyéves természettudományos képzés hatására. Kíváncsiak voltunk arra, hogy a szakirodalomban gyakran említett két tévképzet – „egy tárgyat azért látunk, mert az meg van világítva”, (10) illetve „a mozgás magában foglal egy erőt” (11) – megtalálható-e az általunk vizsgált magyar diákoknál, és ha igen, akkor milyen eloszlást mutatnak és milyen tulajdonságokkal rendelkeznek.

A felmérés módszere

A minta

A vizsgálatunkban kb. 500, az általános iskola hetedik osztályába járó tanuló és 500 harmadikos gimnazista, illetve szakközépiskolás vett részt Szeged és közvetlen környékének iskoláiból. A hetedikesek már tanultak fizikát és biológiát, és kezdték tanulni a kémiát is, a középiskolások pedig már több éven keresztül tanulták a természettudományos tantárgyakat.

Arra törekedtünk, hogy a felmérésbe bevont általános iskolák megfelelően képviseljék a környék általános iskoláit. A tizenegyedik évfolyamos minta nem volt reprezentatív, hiszen csak gimnazisták és szakközépiskolások körében végeztünk vizsgálatokat, nem tekintve a 17 éves korosztálynak azt a kb. 40–45%-át, akik vagy nem tanultak tovább, vagy szakmunkásképzőbe járnak. A kiválasztott középiskolák azonban megfelelően képvisel-

ték Szeged és vonzaskörének négyévfolyamos középiskoláit. A mintavétel e formája megfelelt felmérésünk céljainak, hiszen azt kívántuk vizsgálni, hogy milyen hatással van az iskolai képzés a tanulóknak meglévő fogalmakra.

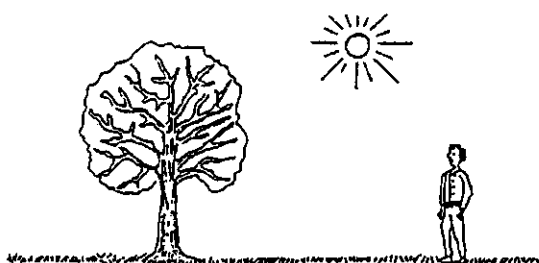
A mérőeszköz

A tanulók hét feladatot kaptak, melyek néhány alapvető fizikai és kémiai fogalomra kérdeztek rá. A kérdések megfogalmazása kissé eltért az iskolában megszokottól, ugyanis a diákok által is gyakran tapasztalt hétköznapi jelenségekre kértünk magyarázatot. Minden feladat tartalmazott zárt és nyitott kérdéseket is. A diákoknak a zárt kérdéseknél először ki kellett választaniuk az általuk helyesnek tartott választ, majd meg kellett indokolniuk választásukat, megadva az adott jelenség tudományos magyarázatát. A feladatok közül itt példaként hármat mutatunk be. Közülük kettő a már említett, szakirodalomból átvett feladat.

A feladatok

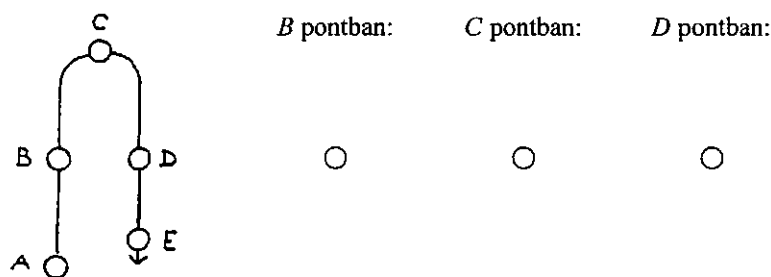
3. Az alábbi ábrán egy fiú van, aki látja az előtte lévő fát. Rajzold be nyilakkal a fény útját, amely lehetővé teszi, hogy a fiú lássa a fát! (12)

Miért így rajzoltad? Fejtsd ki válaszod tudományos magyarázatát!



6. Feldobunk egy pénzérmét. Az érme útja az alábbi ábrán látható. Rajzold be, hogy milyen erő hat az érmére, amikor az éppen a B, C és a D pontban van! (13)

Miért? Indokold meg pontosan döntésedet!



7. Az ábrán két egyforma üveg látható, a bennük levő folyadékok térfogata azonos. Az egyik üvegben étolaj van, a másikban víz. Mindkét üvegből kiöntjük a folyadékot. Mennyi idő alatt folynak ki a folyadékok? Karikázd be a válaszodat!

- A) Azonos idő alatt folynak ki.
- B) Az étolaj folyik ki gyorsabban.
- C) A víz folyik ki gyorsabban.



olaj



víz

Miért? Fejtsd ki válaszod tudományos magyarázatát!

Az eredmények

A válaszok kiértékelése úgy zajlott, hogy először összegyűjtöttük a nyitott kérdésekre adott különböző válaszokat – ezek száma a feladatok többségében meghaladta a harmincat –, majd az összes adatot – a zárt és a nyitott kérdésekre adott válaszokat – statisztikai elemzésnek vetettük alá. Az értékelés második szakaszában az egyes kérdésekre adott magyarázatokat csoportosítottuk, és egy 0–5-ig terjedő skála megfelelő értékeit rendeltük hozzájuk, attól függően, hogy a magyarázat milyen közel volt a természettudományos nézethez. Ezután minden feladat esetében kiszámoltuk az egyes megértési szintekbe besorolható magyarázatok gyakoriságát és megállapítottuk, hogyan oszlanak meg azok a hetedikesek, valamint a gimnazisták és a szakközépiskolások körében. Azonosítottuk továbbá a leggyakoribb tévképzeteket és megvizsgáltuk, milyen hatással van azokra az iskolai képzés.

Az első feladatnál, melyben arra a kérdésre kellett válaszolniuk a diákoknak, hogy „a benzín vagy a cukor szagát érezzük-e, és miért?” – a tanulónak csak 10,1%-a adott helyes magyarázatot, 37,1%-uknál pedig részleges megértés volt tapasztalható. Az általános iskolások körében igen magas – 35,5% – volt azoknak az aránya, akiknek a válaszából arra lehet következtetni, hogy nem értették meg a problémát. A hetedikesek diákoknak ugyancsak jelentős része adott tévképzetet tartalmazó válaszokat, melyeknek sokfélesége jelzi, hogy a diákok egymástól nagyon különböző módon képzelik el azt, hogy miért lehet érezni a benzín szagát. Például:

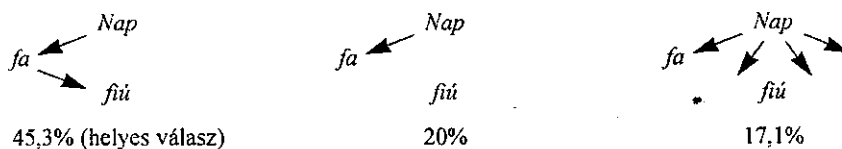
- „A benzín szagát azért lehet érezni, mert töményebb/sűrűbb, mint a cukor.”
- „A benzín szagát azért lehet érezni, mert az nem élelmiszer, hanem üzemanyag, és szagosítják.”
- „A benzín szaga erősebb, mert több illatmolekulát tartalmaz.”
- „A benzín reakcióba lép a levegővel és párolog.”
- „A benzín alkoholtartalma miatt párolog.”
- „A benzín felületén olyan gázok vannak, amelyek szaga erős.”

A második feladatban a víz és a levegő összenyomhatóságát kellett a diákoknak összehasonlítaniuk. Az eredmények azt jelzik, hogy nagy különbség volt tapasztalható a két korcsoport tudása között. A középiskolások közül lényegesen többen vélték úgy, hogy csak a levegő nyomható össze, a víz nem. Az eredmények jól mutatják, hogy a négyéves természettudományos képzés alatt jelentős változás következik be annak megértésében, hogy mely anyagok az összenyomhatók és melyek nem. A magyarázatok elemzéséből azonban az is kiderül, hogy akik a zárt kérdésre hibás választ adtak – főként az általános iskolások –, a tévképzetek széles skáláját képviselik az anyag szerkezetével kapcsolatban. Ilyen tévképzetek például:

- „Mindkét anyag összenyomható, mert mindkettő tartalmaz oxigént, amelynek meg lehet változtatni a térfogatát, mivel gáz.”
- „Egyiket sem lehet összenyomni, mert az edény fala gátolja az anyag mozgását.”
- „Egyiket sem lehet összenyomni, mert a víz és a levegő molekulái teljesen kitöltik a rendelkezésre álló teret.”
- „A víz és a levegő egyaránt összenyomható, mert részecskéik között szabad térrészek vannak.”

Az utóbbi tévképzet gyakorisága a legnagyobb: a hetedikesek körében 12,6%, a középiskolásoknál 7,7%.

A harmadik feladatban nyilakkal kellett berajzolni a fény útját. Az 1. ábrán a legtipikusabb rajzok láthatók.



1. ábra: A fény útját jelölő tipikus válaszok a teljes mintában

Míg a hetedikeseknek csak 23,9%-a tudta helyesen berajzolni a nyilakat, addig ez az arány a gimnazistáknál 73,2%, a szakközépiskolásoknál 68%. Hasonló a helyzet a magyarázatok esetében is, bár a helyes magyarázatok száma kevesebb volt, mivel sokan nem tudták megindokolni a nyilak irányát, annak ellenére, hogy a rajzuk megfelelőnek bizonyult.

A hibásan berajzolt nyilak és a hibás magyarázatok aránya lényegesen nagyobb volt a hetedikeseknél. Ők még nem sokat tanultak a fény és a látás kapcsolatáról, ezért főként a hétköznapi tapasztalataikon alapuló naiv elképzeléseiket irták le. Például:

– „Azért látja a fiú a fát, mert rásüt a Nap.”

– „Azért látja a fiú a fát, mert a Nap minden irányban süt.”

– „Azért látja a fiú a fát, mert a fiú háta mögül süt a Nap; ha az ellentétes irányból érkezne a napsugarak, akkor a Nap a fiú szemébe sütné, és nem látná a fát.”

Ezek a válaszok a középiskolások körében is felbukkannak, de igen kis százalékban.

Az általunk kapott eredmények összhangban vannak a szakirodalomban közölt eredményekkel. Mi is az ott megtalálható tipikus válaszokat kaptuk, azzal a különbséggel, hogy a magyar diákok körében lényegesen magasabb volt a helyes választ adók aránya. *C. W. Anderson* és *E. L. Smith* 113 ötödikes diáknak tették fel a szóban forgó fényvel és a látással foglalkozó kérdést, egy öthetes, e témával foglalkozó témakör előtt és után. (14) A téma tanulásának megkezdése előtt a diákoknak 5%-a adott helyes választ, de az ötödik hét után is csak 24%.

A negyedik feladatban – „Egy szobában, ahol 20°C a hőmérséklet, egy fa és egy fém hasábot helyeztünk el egy asztalon. Kezünkkel megérintjük mindkettőt. Milyennek érezzük a két tárgy hőmérsékletét? Miért?” – a diákoknak csupán 4,1%-a adott teljes megértésre utaló választ (a hetedikesek 1,1%-a, a gimnazisták 11,8%-a, a szakközépiskolások 3,4%-a), 15,9% esetében pedig csak részleges megértés volt tapasztalható. A zárt kérdésekre adott helyes válasz és a jó magyarázatok között fennálló alacsony korreláció azt jelzi, hogy a tanulók nagyon bizonytalanok e probléma megoldását illetően. A hétköznapi tapasztalatok alapján általában ki tudták választani a zárt kérdések közül a helyes választ (a fémét érezzük hidegebbnek), de jó magyarázatot csak nagyon kevesen tudtak adni. A leggyakrabban előforduló tévképzetek a következők voltak:

„A fém részecskéi nehezebben veszik át a levegő hőmérsékletét.” Ez a válasz a hetedikesek 22,9%-ánál, a gimnazisták 7,5%-ánál és a szakközépiskolások 18,5%-ánál fordult elő.

„A fém nagyobb sűrűségű/kötöttebb/szilárdabb, és ezért nehezebben vezeti a hőt. A fa részecskéi között járatok vannak, így a fa könnyebben felveszi a levegő hőmérsékletét.” Ezt válaszolta a hetedikesek 12,2, a gimnazisták 7,9 és a szakközépiskolások 15,9%-a.

Az ötödik feladatban meg kellett becsülni az előző feladatban szereplő két hasáb hőmérsékletét. Bár a két korcsoport közötti nagy különbség az oktatás kedvező hatását sejteti, a középiskolások eredményei korántsem megnyugtatóak. Ugyanis a középiskolás diákoknak is majdnem a fele becsülte meg rosszul a fa hőmérsékletét, a fémét pedig a diákoknak több mint fele. A magyarázatoknál is hasonló volt a helyzet. A középiskolások itt is sokkal jobban teljesítettek, mint a hetedikesek, de a helyes választ adók aránya ugyan csak alacsony volt, az egész mintát tekintve mindössze 13%. Az előző feladatban említett két tévképzet itt is magas arányban fordult elő. Az a tévképzet, hogy a „fém tömörebb, mint a fa, ezért nehezebben melegszik fel”, a szakközépiskolások körében meglepően magas arányt mutat (11,2%), szemben a hetedikesekkel, akiknél ez az arány 5,1% volt. A 4. és az 5. feladat eredményei azt jelzik, hogy a hővezetés anyagszerkezeti magyarázatával a diákok többsége nincs tisztában.

A pénzérme-feldobásos 6. feladatban, a *B* pontba berajzolt legtipikusabb válaszok arányát a 2. ábra jelzi. Ahogyan az ábráról leolvasható, a diákoknak összesen 62,7%-a rajzolta be a felfelé mozgó érmére a „feldobó” erőt. Ha ugyanezt életkori bontásban viz-

gáljuk, akkor feltűnő, hogy míg a hetedikeseknek 52,3%-a rajzolta be a „feldobó” erőt, addig ez az arány a középiskolások körében jóval magasabb volt: 73,4%. A két korcsoport közötti különbséget az is megerősíti, hogy a leggyakoribb helytelen, tévképzetet tartalmazó válasz – mely szerint „a feldobó erő kezdetben nagyobb a gravitációnál, majd ez az erő egyre inkább csökken és végül a gravitáció hatására leesik az érme” – a középiskolások körében lényegesen nagyobb arányban fordult elő: 22,8%-ban, szemben a hetedikesekkel, akiknél ez az arány 6,9%. A gravitációról a hetedikesek is tanultak már, ezért 60,3%-uk berajzolta a *D* pontban a lefelé mutató nyilat, és a magyarázatban is említi a gravitációt. A tökéletesen helyes választ azonban – az érmére mindvégig csak a gravitáció hat – a középiskolások 8,87%-a, az általános iskolásoknak 9,9%-a adta meg.



2. ábra

A *B* pontban az érmére ható, a diákok által leggyakrabban berajzolt erők a teljes mintában

Látható, hogy középiskolában nemcsak hogy nem javult, hanem inkább romlott a helyzet, s nagymértékben megnőtt azoknak a száma, akik a „feldobó” erőnek tulajdonítják az érme felfelé való mozgását. Ez azt jelzi, hogy néhány kivételtől eltekintve a diákok nem ismerik megfelelően az erő fogalmát. Az általunk kapott eredmények megerősítik a szakirodalomban említett tapasztalatokat. *J. Clement* ezt a kérdést olyan mérnökhallgatóknak tette fel az első szemeszter elején, akik középszinten két félévig már tanultak fizikát. (15) A diákok 12%-a adott helyes választ. A hibás válaszok 90%-ában szerepelt az a tévképzet, hogy „amíg az érme felfelé megy, a kezünkből származó erőnek nagyobbak kell lennie a gravitációnál, különben az érme leesik.” Az utótesztet másodéves mérnökhallgatókkal végezték el, ők egy évig már felsőfokon is tanultak fizikát. Ebben az esetben a jó választ adók aránya 25% volt. *J. Clement* következtetését, mely szerint „a mozgás magában foglal egy erőt” tévképzet erőteljesen ellenáll a változásoknak, a mi eredményeink is jól tükrözik. (16)

A hetedik feladatban (a víz és az étolaj viszkozitása) a helyes választ adók aránya rendkívül alacsony volt mindkét korosztályban, az egész minta esetében 6,7%. A leggyakrabban előforduló tévképzet – „az étolaj azért folyik ki lassabban az üvegből, mint a víz, mert sűrűbb/töményebb” – a hetedikeseknél 60,7%-ban, a gimnazistáknál 25%-ban, a szakközépiskolásoknál 57,1%-ban jelentek meg. Ezek az adatok azt jelzik, hogy a tanulók számára nem világos a sűrűség fogalma, azaz nem különül el a hétköznapi életben használt sűrűség és töménység fogalmától, továbbá nem tudták megadni a jelenség anyagszerkezeti magyarázatát, s csak kevesen ismerték a viszkozitás fogalmát.

A kvalitatív eredmények összegezése

Az egyes feladatokban kapott változatos eredmények azt jelzik, hogy a diákok tudása nem homogén: egyes fogalmakat jól, másokat kevésbé jól ismernek. Az iskolai képzés jó-

tékony hatása a 2., 3. és 5. feladatnál (gázok, folyadékok összenyomhatósága; a fény útja; a fa és a fém hőmérséklete) tettenérhető. Ezekben az esetekben a középiskolások lényegesen helyesebb, a tudományos magyarázatokhoz közelebb eső válaszokat adtak, mint az általános iskolások. Az 1., 4. és 7. feladatokkal kapcsolatos (szag és párolgás; hővezetés; viszkozitás) magyarázatokra jellemző, hogy a diákok a mindennapi tapasztalataikra alapozva, hétköznapi fogalmakkal próbálták megmagyarázni a jelenségeket. Ezt erősíti meg az a tény is, hogy e feladatok esetében kicsi a korreláció a zárt kérdésekre adott jó válaszok és a jó magyarázatok között. Valószínűleg azért, mert a zárt kérdésekre a tanulók a hétköznapi tapasztalatok alapján tudták a helyes választ, magyarázatot azonban csak ritkán tudtak adni ezekre. Ez főként az általános iskolásokra volt jellemző, a középiskolások körében ez a tendencia csökkent. A hatodik feladatnál mindkét korcsoport esetében feltűnő volt a hibás válaszok kiugróan magas száma. Ennek feltehetően az az oka, hogy a hetedikesek még nem ismerik a newtoni törvényeket, a középiskolások pedig legjobb esetben is csak megtanulták, de alkalmazni nem tudják azokat.

Főleg a hetedikeseknél tapasztalt gyakori jelenség, hogy a diákok rengeteg, egymástól különböző, részben vagy teljesen hibás válaszokat adtak, amelyek az iskolai képzés előtti fogalmaik sokszínűségét tükrözik. Különösen jól megfigyelhetők a naiv elképzelések azoknál a feladatoknál, amelyek addig csak részben vagy egyáltalán nem tanult fogalmakra kérdeznek rá. Például az 1. feladatban a diákoknak a párolgásról alkotott fogalmaik jól megfigyelhetők:

- „A benzin sűrűsége kicsi, és így jól párolog.”
- „A benzin szaga erősebb, mert a benzin több illatmolekulát tartalmaz.”
- „A benzin olyan anyagokat tartalmaz, amelyektől párolog.”
- „A benzin felületén olyan anyagok találhatóak, amelyek szaga erős.”

A 4. és 5. feladatban a hővezetés fogalmával kapcsolatban is változatos elképzeléseket találtunk. Például:

- „A fém nagyobb sűrűségű, kötöttebb szerkezetű, és ezért nehezebben vezeti a hőt.”
- „A fém szerves, a fa szerves anyag, és ezért melegebb.”
- „A fémben az elektronok vándorlása vezeti a hőt.”
- „A fa melegebb, mert gyúlékony.”

Gyakran tapasztaltuk azt, hogy a diákok ahelyett, hogy elgondolkodtak volna az adott probléma megoldásán, s az iskolában megszerzett ismereteiket alkalmazták volna, a feladatban szereplő anyag egy általuk legjellemzőbbnek vélt tulajdonságát említették magyarázatként. Például:

- „A benzin szagát azért lehet érezni, mert keverék anyag.”
- „A benzin szagát azért lehet érezni, mert magas az oktánszáma.”
- „A benzin szagát azért lehet érezni, mert éghető anyag.”
- „A vizet nem lehet összenyomni, mert nagy a felhajtó ereje.”

Többször előfordult az az eset is, hogy a magyarázat helyére az „Ezt még nem tanultuk” került.

Néhány következtetés

Felmérésünk alapján a vizsgálatunkban részt vett diákok körében valós problémát jelent, hogy az iskolai oktatás nem képes teljesen megszüntetni az általuk hordozott tévképzeteket. Még a természettudományos képzésük vége felé járó harmadikos középiskolások is sokat bajlódnak az alapvető fogalmak megértésével, alkalmazásával. Feltehetően a diákok könnyebben megtanulnák, jobban megértenék és hatékonyabban tudnák alkalmazni a megszerzett ismereteiket, ha tanáraik tanítás közben tudatosan figyelembe vennék, hogy a tanulók egyéni fogalmi készlettel és gondolkodásmóddal bírnak. Sajnos, a tanárok általában nincsenek tisztában a diákok előzetes ismereteivel, és így a tanítás so-

rán nem is veszik azokat figyelembe. A diákokat úgy kezelik, mintha rendelkeznének azokkal a sémákkal, amelyekre a szaknyelven megfogalmazott tudományos magyarázatot fel lehet építeni. (17) A tanulók számára a tananyag gyakran elszakad a számukra ismeretes jelenségektől, és meg sem próbálnak összefüggéseket keresni a mindennapi tapasztalatok és az iskolában hallott tudományos ismeretek között. Több-kevesebb sikerrel megpróbálják fogalmi rendszerükbe beilleszteni az új információkat és a felelések és dolgozatok alkalmával igyekeznek visszaadni a megtanult, de sokszor meg nem értett tudományos fogalmakat. E probléma megoldását jelentené, ha a tanárok folyamatosan diagnosztizálnák a tanulók előismereteit, s nyomon követték, hogyan alakulnak át a már meglévő fogalmak, és tudatosan segítenék diákjaikat abban, hogy az új ismereteket minél könnyebben beilleszthessék a meglévő fogalmi rendszerükbe. A tévképzetek megszüntetésének egyik lehetséges módja P. W. Hewson és M. G. Hewson szerint az, hogy a tanár lehetőséget teremt az órán arra, hogy a tanulók elmondhassák egy adott jelenséggel, problémával kapcsolatos elképzeléseiket, s megismerjék azt, hogy mások hogyan gondolkodnak az adott dologról. (18) Ezek a beszélgetések, viták segítik a diákokat abban, hogy rájöjjenek arra, hol a hiba a saját gondolatmenetükben, s melyek azok a fogalmak, amelyeket hibásan értelmeznek és ezért akadályozzák az új információk megértését. Mindezek mellett nagyon hasznos lenne az eddigieknél jóval több alkalmat teremteni arra, hogy a diákok a megszerzett magas szintű tudásuk egy részét átültethessék a gyakorlatba, s rájöjjenek arra, hogy az általuk megtanult törvényekkel képesek megmagyarázni az őket körülvevő világ mindennapi jelenségeit is.

Jegyzet

- (1) HAVAS PÉTER: *A természettudományos fogalmak alakulása*. Akadémia Kiadó, Budapest, 1980; ZÁTONYI SÁNDOR: *Az előismeretektől a tudásig. 10–14 éves tanulók fizikai ismereteinek fejlődése*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1986.
- (2) CLEMENT, J.: *Student's preconceptions in introductory mechanics*. American Journal of Physics, 1982. 50., 66–71. old.
- (3) GRIFFITHS, A. K.–PRESTON, K. R.: *Grade-12 Student's Misconception Relating to Fundamental Characteristics of Atoms and Molecules*. Journal of Research in Science Teaching, 1992. 29., 611–628. old.
- (4) GARDNER, H.: *The Unschooled Mind: How Children Think and How Schools Should Teach*. Fontana Press, London, 1991.
- (5) VOSNIADOU, S.: *Capturing and Modeling the Process of Conceptual Change*. Learning and Instruction, 1994. 4., 45–69. old.
- (6) CLEMENT, J.: *Student's preconceptions...*, i.m.; McCLOSKEY, M.: *Intuitive Physics*. Scientific American, 1983. 248., 122–130. old.; NOVICK, S.–MUSSBAUM, J.: *Pupils' Understanding of the Particulate Nature of Matter: A Cross-age Study*. Science Education, 1981. 65., 187–196. old.
- (7) ANDERSON, C. W.–SMITH, E. L.: *Teaching Science*. = Szerk.: Richardson-Koehler, V.: *Educators' Handbook: A Research Perspective*. Longman, New York, London, 1987; CLEMENT, J.: *Students' preconceptions...*, i.m.
- (8) GRIFFITHS, A. K.–PRESTON, K. R.: *Grade-12 Students' Misconception Relating...*, i.m.; McCLOSKEY, M.: *Intuitive Physics*, i.m.
- (9) OSBORNE, R. J.–BELL, B. F.–GILBERT, J. K.: *Science teaching and children's views of the world*. European Journal of Science Education, 1983. 5., 1–14. old.
- (10) ANDERSON, C. W.–SMITH, E. L.: *Teaching Science*, i.m.
- (11) CLEMENT, J.: *Students' preconceptions...*, i.m.
- (12) ANDERSON, C. W.–SMITH, E. L.: *Teaching Science*, i.m.
- (13) CLEMENT, J.: *Students' preconceptions...*, i.m.
- (14) ANDERSON, C. W.–SMITH, E. L.: *Teaching Science*, i.m.
- (15) CLEMENT, J.: *Students' preconceptions...*, i.m.
- (16) Uo.
- (17) LEDBETTER, C. E.: *Qualitative Comparison of Students' Constructions of Science*. Science Education, 1993. 77., 611–624. old.
- (18) HEWSON, P. W.–HEWSON, M. G.: *The Role of Conceptual Conflict in Conceptual Change and the Design of Science Instruction*. Instructional Science, 1984. 13., 1–13. old.