

A naiv elméletektől a tudományos nézetekig

Napjainkban újra felértékelődött az ismeretek szerepe a tanulásban.

Az iskola által közvetített információkkal szembi követelmények azonban erőteljesen megváltoztak. A nemzetközi tendenciát tekintve az iskolától mindinkább azt igénylik, hogy az absztrakt fogalmak, tények, definíciók memorizáltatása és reprodukzív visszakerdezése helyett jól szervezett, könnyen mobilizálható, hatékonyan felhasználható ismereteket nyújtson. Az elméleti, „akadémikus” tudással szemben a hétköznapiakban is hasznosítható, pragmatikus tudást.

Ugyanakkor számos nemzetközi és hazai vizsgálat jelzi, hogy a diákok jelentős részének problémát jelent az iskolában tanított ismeretek megfelelő elsajátítása, a tanultak alkalmazása gyakorlati szituációkban, hétköznapi helyzetekben. Az ismeret-elsajátítás hatékonyságának növeléséhez nagymértékben hozzájárulhatnak a gyerekek fogalmi rendszerének fejlődésére, az ismeretszerzés folyamatának leírására irányuló vizsgálatok, amelyekben számos tudományterület – a pedagógiai pszichológia, a természettudományos nevelés, a kognitív pszichológia és a fejlődéslélektan – eredményei találkoznak. Jelen tanulmány keretében egy rövid elméleti bevezetés után saját empirikus eredményeinket mutatjuk be néhány természettudományos fogalom változásával kapcsolatban.

Elméleti háttér

Az 1970-es évek elején a pedagógiai pszichológiában lezajlott, *Ausubel* (1968) nevéhez kötődő fordulat a megértést hangsúlyozta a tanulásban, szemben az ismeretek memorizálásával. Az értelmes tanulás során a tanulók ugyanis nem csupán megjegyzik, esetenként „bemagolják” az izolált fogalmakat és tényeket, hanem kiépítenek egy gazdag kapcsolatokkal rendelkező ismeretrendszert, amit később fel tudnak használni új jelenségek, szituációk magyarázatára. *Ausubel* (1968) a tanulás sikerességét befolyásoló legfontosabb tényezőként az előfeltétel-tudást (prior knowledge) jelölte meg, amelyet a tanuló hoz magával a tanulási szituációba.

A megértésre, az értelmes elsajátításra alapozó szemléletmód, valamint az a felismerés, hogy a gyerekeknek aktív szerepük van tudásuk konstruálásában, számos vizsgálatot indított el, elsősorban a természettudományok tanításával kapcsolatos területeken. A természettudományos nevelés kutatói az 1970-es évek közepétől napjainkig hatalmas mennyiségű empirikus adatot szolgáltatott arról, mennyire tudják és mennyire értik a fizikai világ jelenségeinek tudományos magyarázatát a különböző életkorú és különböző kultúrában nevelkedett tanulók (*Pfundt* és *Duit*, 1991). Az eredmények azt jelzik, hogy a tanulók ismeretei, meggyőződései, elképzelései gyakran eltérnek a jelenleg elfogadott tudományos nézetektől. Az ilyen tanulói elképzelések a tévképzetek, amelyek sok esetben rendkívül erőteljesek, nehezen változtathatók meg, ellenállnak az oktatásnak és gyakran megfeleltethetők a tudománytörténet által is számon tartott elméleteknek, modelleknek. (A természettudományos tévképzetek kutatását magyarul *Korom*, 1997, a történelmi tévképzeteket *Vass*, 1997 tekintti át.) A vizsgálatok megerősítették azt a *Piaget* (1929) által már jóval korábban jelzett tényt,

hogya a kisgyerekeknek is vannak leíró, magyarázó, fogalmi rendszereik a természeti jelenségekkel kapcsolatosan. Ezekre az egyes kutatók más-más terminust használnak, például „előfogalmak”, „alternatív fogalmak”, „naiv elméletek”, „intuitív elméletek”, „gyermeki tudomány” (Gilbert és Watts, 1983), de mindegyik kifejezés arra utal, hogy a gyerekek fogalmi rendszerei, sémái eltérhetnek a tudományosan elfogadottól. A tévképzetek nem egyszerűen csak az oktatás vagy a tanítás hiányosságaiból fakadó hibák, hanem megértésükhöz fel kell tárnunk az őket eredményező ismeretelsajátítási folyamatokat.

A kognitív pszichológiának az emberi megismeréssel, az információ-feldolgozás módjával, az információk felvételével, tárolásával és előhívásával, az adott területen újoncok és szakértők tudásának összehasonlításával, valamint a probléma-megoldással kapcsolatos eredményei szolgáltattak alapot arra, hogy a kognitív fejlődésleléktannal foglalkozó kutatók nyomon kövessék az ismeretszerzési folyamatokat különböző életkori szakaszokban (csecsemő-, kisgyermek-, kisiskolás- és iskoláskorban), valamint a szakértelem megszerzésének különböző szintjein (például a mechanika területén milyen ismeretekkel rendelkeznek, és hogyan alkalmazzák tudásukat a kisgyerekek, a kisiskolások, a középiskolások, az egyetemisták és a tudósok). A kutatók egyetértenek abban, hogy a tanulók mindennapi tapasztalataik alapján értelmezik a hétköznapi világot, és ez, az iskolába lépés előtti, előzetes tudás kerül kölcsönhatásba az iskolában kapott új tudással. A gyerekek előzetes tudása több esetben jó kiindulási alap a tudományos információ elsajátításához, hiszen a meglévő ismeretek gazdagodásával a tanulók eljutnak a tudományos meghatározás megértéséhez. Ilyen például az „élőlény”, „állat”, „növény” fogalmak fejlődése, tartalmuk és terjedelmük bővülése. Vannak azonban olyan esetek, amikor a gyerekek meglévő, elsősorban a hétköznapi tapasztalatokon nyugvó ismeretei gátolhatják az adott fogalom megértését (ilyen például az erő fogalma). A tudományos ismeretek tanulása ezért sok esetben megköveteli a tanulók fogalmi rendszerének átszervezését. Ezt az átrendeződési folyamatot, illetve annak eredményét fogalmi váltásnak nevezzük.

A fogalmi váltás kutatásának több iránya és számos képviselője van. Ezt mutatja az is, hogy a fogalmi váltás kifejezéshez számos jelentés kapcsolódik. Lényegesen különbözhet az egyes megközelítésekben az, hogy valójában mi változik (fogalom, a fogalomnál kisebb vagy nagyobb egység) és a változás milyen természetű (gazdagodás, differenciálódás, finomodás, átszerkesztés, kicserélés) aszerint, hogyan értelmezik az egyes kutatók a tudás szerveződését és változását. Vita folyik arról, hogy milyen a gyerekek intuitív tudása, elméletszerű (Carey, 1985; Vosniadou, 1994) vagy fragmentált, izolált darabokból álló (diSessa, 1993). Különböző elméletek születtek a gyerekek fogalmi átrendeződésének folyamatáról is. Például a fogalmi váltást Posner, Strike, Gertzog és Hewson (1982) a régi fogalmak újakra történő kicseréléseként; Chi és Slotta és deLeeuw, (1994) ontológiai kategóriák közötti váltásként; Vosniadou (1994) fokozatos differenciálódási folyamatként, Spada, (1994) és Pozo (1998) pedig többszörös reprezentációk létrejöttéként értelmezi. A fogalmi váltás kutatását, legfontosabb elméleteit Korom (megjelenés alatt) tekinti át.

Vizsgálatunk elméleti alapjául a fogalmi váltással kapcsolatos kutatások eddigi eredményei szolgálnak. Elsősorban Vosniadou (1994) elméletéhez kapcsolódunk, aki szerint a fogalmi váltás fokozatos és hosszú folyamat, amely során több szintet lehet megkülönböztetni. A gyerekek kezdeti fogalmi rendszerei, ontológiai és episztemológiai feltételezések által korlátozott naiv elméletei fokozatosan alakulnak át, és köztes állapotokon, szintetikus modellekre vagy tévképzetek megjelenésén keresztül jutnak el a tudományos szintre.

A vizsgálat céljai

A vizsgálatunk célja az volt, hogy nyomon kövessük néhány, az anyag és az energia fogalmához kötődő természettudományos fogalom megértésének változását három korcsoportban, ötödik, hetedik és tizenegyedik évfolyamosok körében. Az adatgyűjtés időpont-

jában az ötödik osztályosok még nem tanultak különálló tantárgyként fizikát, kémiát vagy biológiát, a hetedikesek a fizikát és a biológiát már egy éve, a kémiát viszont csak néhány hónapja tanulták. Ezáltal lehetőség nyílt arra, hogy megvizsgáljuk, a tanulók milyen egyéni naiv elképzelésekkel rendelkeznek a természettudományos tárgyak tanulásának megkezdésekor, illetve hogyan változnak ezek a nézetek a későbbiek során. Célunk volt továbbá a leggyakoribb tévképzetek meghatározása és gyakoriságuk nyomon követése az egyes korosztályokban. Olyan mérőeszköz készítésére törekedtünk, amely segítségével nemcsak kvalitatív módszereket használhatunk a fogalmi rendszer vizsgálatára, hanem kvantitatív elemzéseket is végezhetünk. A fogalmi váltással kapcsolatos kutatások nagy része eddig ugyanis kismintás vizsgálatok keretében folyt kvalitatív módszerekkel (interjú, különböző fogalomtérképezési technikák). Hipotézisünk szerint az általunk tervezett, nagyobb elemszámú mintán is használható feladatlap egyrészt lehetővé teszi a tanulók válaszáinak minőségi elemzését, összehasonlítását a különböző életkorokban. Másrészt, a feladatlap tesztként működve biztosítja a tanulók teljesítményének, valamint a teljesítmény és egyéb változók (tanulmányi eredmény, tantárgyakkal szembeni attitűd, továbbtanulási szándék, családi háttér) kapcsolatának jellemzését is.

A vizsgálat módszere

A minta

Az adatfelvétel 1997 novemberében zajlott. Vizsgálatunkban 597 tanuló vett részt négy magyarországi város, Szeged, Orosháza, Pécs és Barcs általános és középiskolaiból. A tanulók közül 156 ötödik évfolyamos, 207 hetedik évfolyamos és 234 tizenegyedik évfolyamos volt. A tizenegyedikes részmintába csak gimnazisták kerültek. Mérésünkbe a szakközépiskolás tanulókat nem vontuk be, mert a különböző típusú szakközépiskolákban nagyon eltérő a természettudományos tantárgyak tanulásának időtartama és tartalma, ami nehezítette volna a tanulók teljesítményének összehasonlítását. A mintában szereplő minden osztály normál tantervű volt, nem tanulták emelt óraszámban a természettudományos tárgyakat.

A mérőeszköz

A feladatok két nagy fogalom, az anyag és az energia fogalma köré csoportosultak. Mindkét fogalom komplex, sok szempontból megközelíthető ismeretrendszer. Természetesen nem törekedhettünk teljes lefedésre, még egy szempont kiemelése esetén sem. Néhány olyan alapvető ismeretre, összefüggésre helyeztük inkább a hangsúlyt, amelyek megléte, illetve felismerése minden tanulótól elvárható a több évig tartó biológia, kémia, fizika tanulmányok után. A tizenegyedik évfolyamon már ismerni kell az anyagok szerkezete és a makroszkopikusan érzékelhető tulajdonságaik kapcsolatát, az anyag- és energiaforgalom lényegét a bioszférában, az élő és élettelen, valamint a szerves és szervesetlen anyagok fogalmát és ezen anyagok kölcsönös egymásba alakulását. E témák a kisiskolás kortól a középszintű tanulmányokig szinte folyamatosan előkerülnek, egyre több és több részlettel bővülnek.

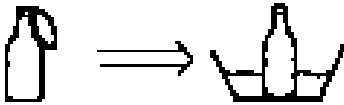
A három korcsoportnak készült mérőeszköz ezért egymásra épül. Technikailag a legbővebb, a tizenegyedikeseknek készült változat fokozatos redukálásával jött létre a hetedikesek és az ötödikesek tesztje. A tizenegyedikesek feladatsora volt a leghosszabb, 53 itemből állt és négy résztesztre különült el. Az első részteszt az „Élő és élettelen anyagok” címet kapta. Az itt található feladatok egyrészt azt ellenőrizték, hogy el tudja-e különíteni a tanuló az élő és az élettelen, illetve a szerves és a szervesetlen anyagokat egymástól, és a két szempontot tudja-e együtt kezelni. Érti-e az élő-élettelen, szerves-szervesetlen anyagok közötti átalakulást. A második, az „Energia” című résztesztben a kérdések az energia definíciójára, az energiafajtákra és azok átalakulására vonatkoztak. A harmadik részteszt az „Anyagi halmazok” témából emelte ki a különböző anyagok halmazállapota, halmazállapot-változása és szerkezete közötti összefüggéseket. A negyedik

részteszt pedig néhány, a hétköznapi tapasztalható jelenség anyagszerkezeti magyarázatát kérte a tanulóktól.

A hetedikesek feladatsora nem tartalmazta az „Anyagi halmazok” résztesztet, az ötödikeseknek pedig csak néhány olyan feladatot válogattunk ki a teljes feladatsorból, amelyekben nem szerepeltek számukra még ismeretlen fogalmak, például szerves anyag, energia, halmazállapot.

Az ötödikesek feladatsorában szereplő hat feladat volt a három mérőeszköz közös magja, mivel ezek a feladatok mindhárom korcsoport tesztjében szerepeltek (1. táblázat). Ezáltal lehetőségünk nyílt arra, hogy meghatározzunk és nyomon kövessünk néhány, a természettudományos tantárgyak tanulása előtti naiv elképzelést és azoknak az oktatás hatására bekövetkezett változását. Mivel a hetedikesek tesztje teljes egészében része volt a tizenegyedikesek tesztjének, ezért e két korcsoport tudása esetében is lehetőség volt az összehasonlításra.

1. Mi alapján mondjuk egy anyagra, hogy élő?
2. Írj egy példát olyan átalakulásra, amikor élő anyagból élettelen lesz!
3. Miért elengedhetetlenül fontos a napfény a növények és az állatok számára?
4. Miért kell folyamatosan táplálkoznunk az életben maradáshoz?
5. Lehűtünk egy műanyag palackot. A palack szájára egy léggömböt húzunk, majd a palackot meleg vízbe állítjuk.
 - a) Rajzold le, hogy milyen változás történt a léggömbbel!



- b) Magyarázd meg a jelenséget!
6. A mézet könnyebb kiönteni az üvegből, ha kissé megmelegítjük. Hogyan változik meg a méz szerkezete a melegítés hatására?

1. táblázat
A három korcsoport közös feladatai

A feladatok egy kivételével nyitott kérdéseket tartalmaztak, mert arra voltunk kíváncsiak, hogyan tudják megfogalmazni gondolataikat a diákok. A feladatok egy része definíciót vagy példákat kért, más részük pedig egyszerű, hétköznapi problémák magyarázatát. A hangsúlyt nem az ismeretek reprodukciójára helyeztük, hanem inkább a megszerzett ismeretek összerendezésére és alkalmazására.

A mérőeszköz szerkesztésénél egy másik szempont az volt, hogy az ne csak egy feladatsor legyen, hanem tesztként is működjön. A teszt megbízhatóságát (reliabilitását) többek között az is befolyásolja, hogy mennyire homogén az a tudásterület, amelyet a feladatok felölelnek, és ugyanakkor mennyire átfogóak e feladatok. A célunk elsősorban egy nagy mintán, tesztként is használható mérőeszköz kifejlesztése volt, azért, hogy feltárjuk, az anyag és energia fogalmával kapcsolatosan melyik az a részterület, ahol a legnagyobb változásokat tapasztaljuk, illetve hol merülnek fel a legnagyobb megértési problémák. A feladatok nem kötődnek tantárgyakhoz, egy nagyobb tudásterületet fognak át és gyakran olyan ismeretekre kérdeznek rá, amelyek explicit módon nem kerültek elő az iskolában. Homogénebb feladatokat tartalmazó teszt inkább csak e tájékozódó vizsgálat tapasztalatai után szerkeszthető egy sokkal jobban leszűkített témában.

A kvalitatív és kvantitatív adatelemzés

A kvalitatív adatelemzés során ugyanazt a módszert követtük, mint egy korábbi, a természettudományos tévképzeteket feltáró vizsgálatunkban (Korom, 1998). A kódolás során, a nyitott kérdések esetében rögzítettük az összes különböző választ. Ezután a válaszo-

kat a bennük szereplő kulcsfogalmak alapján tartalmi kategóriákba rendeztük, majd megvizsgáltuk a válaszok, valamint a válaszkategóriák gyakoriságát.

A kvalitatív elemzés következő fázisában a válaszok minőségét vizsgáltuk. Attól függően, hogy a válasz milyen közel volt a tudományos magyarázathoz és mennyi hibás elemet tartalmazott, egy hatfokú skála megfelelő pontértékét rendeltük hozzá (2. táblázat).

A megértés szintje	A pontozás kritériumai	A válasz pontértéke
nincs válasz	– üres lap – „nem tudom” – „nem értem”	0
nincs megértés	– a kérdés megismétlése – nem a tárgyhoz tartozó, értelmetlen válasz – a tapasztalat megismétlése	1
tévképzet	– a válasz logikátlan és helytelen információt tartalmaz	2
részleges megértés tévképzettel	– a válaszok jelzik az adott fogalom megértését, de tartalmaznak olyan állításokat is, melyek tévképzetre utalnak	3
részleges megértés	– a válaszok a helyes válasz elemei közül legalább egyet tartalmaznak, de nem az összeset	4
teljes megértés	– a válaszok a helyes megoldás összes komponensét tartalmazzák	5

2. táblázat

*A nyitott kérdésekre adott válaszok kategorizálása
(Abraham, Grzybowski, Renner és Marek, 1992 nyomán)*

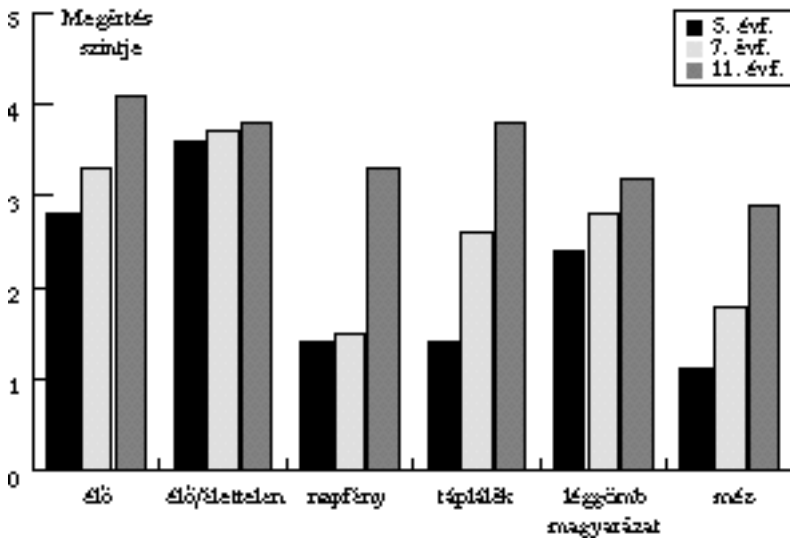
E pontértékek átlaga megmutatja az adott feladat átlagos megértési szintjét az egyes korosztályokban, lehetővé teszi a válaszok megértési szintjének összehasonlítását. A tanulók teljesítményét viszont nem lehet e pontszámokból képzett összpontszámmal jellemezni. A megértés szintjére vonatkozó pontok nem alkalmasak arra, hogy belőlük összpontszámot lehessen számolni, mert nem homogén a teszt, különböző feladattípusok szerepelnek benne (besorolás, rövid és hosszabb választ igénylő, feleletalkotó kérdések). A besorolás és a rövid, egy-két szavas választ igénylő feladatoknál nem tudjuk a hatfokú skála minden értékét kihasználni. A néhány mondatos magyarázatot kérő feladatoknál viszont jól alkalmazható és értelmezhető ez a skála.

A teljesítmények jellemzésére ezért a kvantifikálásnak egy másik módját választottuk. A tudásszintmérő tesztekhez hasonlóan csak azt vizsgáltuk meg, hogy helyes-e a válasz. Minden egyes ítemet dichotom változóként kezelve 0 vagy 1 ponttal pontoztunk. A kvantifikálást ilyen módon azonban csak a tizenegyedikes évfolyam esetében lehetett elvégezni, mert tőlük már elvárható, hogy helyesen válaszoljanak a kérdésekre, szemben a másik két korosztállyal. A fiatalabb tanulók esetében a tökéletes válasz nagyon ritka, így a legtöbb ítem 0 pontot érne. Mivel a feladatsor csak a tizenegyedikesek esetében működött tesztként, ezért a kvantitatív analízis eredményei kizárólag erre a korosztályra vonatkoznak.

Eredmények

A kvalitatív elemzés eredményei

Az összes adat részletes bemutatására és interpretálására e tanulmány keretében nincs mód, ezért csak néhány fontos és érdekes eredményt emelünk ki. Elsősorban a három korosztály közös feladatait (1. táblázat) elemezzük, majd utalunk néhány más feladatra is.



1. ábra

A közös feladatok átlagos megértési szintje a három korcsoportban

A három korcsoport közös feladatainál a megértés szintjét összehasonlítva (1. ábra) látható, hogy az „élő/élettelen” feladat kivételével az oktatás jelentős mértékben hozzájárult a vizsgált fogalmak megértéséhez.

Az „élő/élettelen” feladatban a gyerekeket arra kérték, hogy írjanak példát olyan átalakulásra, amelynek során élő anyagból élettelen lesz. A hétköznapi tapasztalataik alapján még az ötödikesek is jól válaszoltak. Példáik nagy részében valamilyen növény pusztul el (például kivágják a fát) vagy növényt alakítanak át (például búza-liszt, fa-bútor, len-ruha). Tévkepzeteket elsősorban azoknál a tizenegyedikeseknél tapasztaltunk, akik bonyolultabb példát akartak írni egy élőlény elpusztulásánál. A „szerves”, „szervetlen”, „élő”, „élettelen” fogalmak pontatlan megértésén alapulnak azok a válaszok, hogy élő-élettelen átalakulás történik „a szőlőcukor égésekor”, „a szén égésekor”, „a kaucsukból történő gumi gyártás során”. Mindhárom válasz mögött az a tévképzet áll, hogy „a szerves anyagok élők, a szervetlen anyagok pedig élettelenek”.

Összegezve az „élő” fogalmához kötődő feladat eredményét, elmondható, hogy az ötödikes és a hetedikes tanulók többsége, a tizenegyedikesek pedig néhány kivételtől eltekintve el tudják dönteni egy dologról, hogy élő-e vagy sem, illetve tudnak példát mondani élő-élettelen átalakulásra. Az élő anyag kritériumainak megfogalmazásában azonban jóval nagyobb különbségek mutatkoznak. Az ötödikeseknél tapasztalható, főként a mindennapi tapasztalatokra épülő válaszok (például „az az anyag él, ami mozog”; „az az anyag él, amelyik lélegzik”; „az az anyag él, amelyik érez”) aránya a többi korosztálynál csökken. Megjelennek a biológiaórán tanult fogalmak: „szervezet”, „életjelenség”, „anyagcsere”. További vizsgálatokkal finomabb képet lehetne adni arról, hogy a biológiai tanulmányokkal párhuzamosan hogyan fejlődik, módosul a tanulók implicit tudása az élő és élettelen anyagok közötti különbségekről.

Az iskolában szerzett ismeretek különösen két feladat, a „napfény” és a „táplálék” esetében járultak hozzá a jelenségek jobb megértéséhez. A kettő közül a „táplálék” feladat („Miért kell az élőlényeknek állandóan táplálkozniuk az életben maradáshoz?”) eredményeit ismeretjük. A leggyakoribb válaszokat bemutató 3. táblázatból látszik, hogy az előző feladathoz hasonlóan, az ötödikesekre leginkább a hétköznapi tapasztalat megfogalmazása volt a jellemző. Például: „táplálék nélkül elpusztulnak az élőlények”, „táplálék nélkül elfogy az élő-

lények ereje és elpusztulnak”, „a táplálékban olyan anyagok vannak, amelyekből növekszik az élőlény”. A feladatban szereplő kérdésre a hetedikesek és a tizenegyedikesek jelentős része is tudományos ismeretei helyett a hétköznapi ismeretei alapján válaszolt.

5. évfolyam		7. évfolyam		11. évfolyam	
tapasztalat	81,4	tapasztalat	48,8	az elhasznált energia pótlása	58,9
az elhasznált energia pótlása	5,8	az elhasznált energia pótlása	35,3	tapasztalat	23,9
vitaminpótlás	5,1	anyagcsere fenntartása	4,8	anyagcsere fenntartása	9,0
egyéb	6,3	egyéb	2,9	egyéb	4,1

3. táblázat

A 4%-nál nagyobb gyakorisággal előforduló válaszkategóriák a „Miért kell az élőlényeknek állandóan táplálkozniuk az életben maradáshoz?” feladat esetében

Néhány ötödikes tanuló válaszában már megjelenik az „energia” kifejezés. A hetedikeseknek viszont már 35,3%-a tudja azt, hogy „az állatok a táplálékból pótolják az elhasznált energiát”. A tizenegyedikesek körében a helyes választ adók aránya tovább nő (58,9%).

A válaszok minőségét megvizsgálva a három évfolyamon azt tapasztaljuk, hogy az iskolai évek alatt nagymértékű változás következett be a jelenség megértésében. A tizenegyedikesek többségénél a hétköznapi megfigyeléshez már tudományos magyarázat is társul, az ötödikeseknél tapasztalt tévképzetek („azért táplálkoznak a növények, hogy levegőt tudjanak termelni”, „a táplálékot a növények belső energiája elégeti”) eltűnnek.

A megértés szintje a tizenegyedikeseknél a „léggömb magyarázat” és a „méz” feladatokban volt a legalacsonyabb. Mindkét feladatban egy jelenség anyagszerkezeti magyarázatát kellett megadni. A „léggömb” feladatban egy egyszerű kísérlet szerepelt. Egy lehűtött műanyag palack szájára léggömböt húzunk, majd a palackot meleg vízbe állítjuk. A tanulóknak le kellett rajzolniuk, hogy mi történik a léggömbbel, majd meg kellett magyarázniuk a jelenséget.

A léggömb változásának előrejelzése egyik korosztálynál sem okozott gondot. Az ötödikesek 80,8%-a, a hetedikesek 92,8%-a, a tizenegyedikesek 89,7%-a rajzolta be helyesen, hogy a léggömb felfújódik. Néhány, elsősorban ötödikes gyerek jószolt más: a léggömb kidurran, elrepül, megolvad, nem változik vagy leereszt. A magyarázatoknál már a helyes válaszok aránya lényegesen alacsonyabb volt és a három évfolyam válaszai között jelentős minőségi különbségek mutatkoznak. A leggyakoribb válaszkategória mindhárom korcsoportnál a „levegő felmelegszik” kategória volt. Ezen belül „a palackban a hideg levegő felmelegszik, a meleg levegő felfelé száll” részleges megértést tükröző válasz volt a leggyakoribb (ötödik évfolyamnál 21,6%, hetedik évfolyamnál 20,5%, tizenegyedik évfolyamnál 32,3%). Tökéletes válaszok, amelyekben megjelenik a hőtágulás vagy a részecskék mozgási energiájának növekedése („a melegítés hatására a levegő kitérül” vagy „a gázrészecskék mozgási energiája nő, gyorsabban mozognak, kitérül a gáz”) az ötödikeseknél csak elvétve fordulnak elő (4,8%). A hetedikesek 16,2%-a, a tizenegyedikesek 28,9%-a adott helyes választ.

A többi feladathoz képest ebben az esetben jóval nagyobb arányban jelentek meg tévképzetek a magyarázatokban. Az ötödikesek 30,2%-a, a hetedikesek 9,7%-a, a tizenegyedikesek 5,5%-a gondolja azt, hogy „a léggömböt a hideg és a meleg összeapódásakor keletkező pára fújta fel”. Egy másik gyakori tévképzet, amely szintén minden korosztályban megjelenik (5. évfolyamnál 17,3%; 7. évfolyamnál 7,5%; 11. évfolyamnál 4,0%) az, hogy „a meleg hatására hő keletkezik, ami felfújja a léggömböt”. A hetedikeseknél volt a leggyakoribb (9,8%) az a tévképzet, hogy „a melegítés hatására oxigén

vagy szén-dioxid keletkezik a palackban”. Ez az elképzelés a többi korosztálynál jóval kisebb arányban (5. évfolyamnál 2,8%; 11. évfolyamnál 2,4%) fordult elő. Minden korosztályra jellemző volt az, hogy nagyon sokféle egyéni, csak egy-két tanulónál megjelenő elképzelés született a jelenség magyarázatára. Ilyenek az „egyéb” kategóriába tartozó válaszok:

- A gázrészecskék mozgási energiája megnő, gyorsabban mozognak, kitágul a gáz;
- a meleg víz felmeleg a léggömbbe és a léggömb kidurran;
- a meleg és a hideg találkozása nagy erőt fejt ki, ami felfújja a lufit;
- ha a léggömböt meleg víz éri, megolvad;
- nincs változás, nincs hatással a levegőre a meleg víz;
- a melegítés hatására a részecskék elkezdnek mozogni, kifelé vándorolni a palackból;
- az üveg és a léggömb tágulni kezdenek;
- a léggömb felfújódik, mert feloldódik a levegő;
- a hó hatására a részecskék felülete megnő;
- a meleg hatására a léggömb leereszt;
- a gyors hőmérséklet-változás hatására a palack széttörik, a léggömb elrepül;
- termikus kölcsönhatás lép fel, a hideg anyag addig melegszik, amíg a meleggel egyforma nem lesz.

Bár a válaszok átlagos megértési szintje ennél a feladatnál is növekedett a felsőbb évfolyamokon, még a tizenegyedikesek átlagos megértése sem éri el a 3,5-ös megértési szintet. Ez az érték jelzi azt, hogy még a gimnazisták is pontatlanul vagy rosszul alkalmazták az addig megtanult ismereteket.

A „méz” feladatban a méz szerkezetében melegítés hatására bekövetkező változást kellett jellemezni. A 4. táblázat jelzi, hogy az ötödikesek csak a tapasztalatokat ismételték meg: „hígabb, folyósabb lesz a méz a melegítés hatására”, a hetedikesek 24,3%-a már anyagszerkezeti magyarázatot hozott („a részecskék gyorsabban mozognak”, „nem tapadnak össze annyira a részecskék”). A tizenegyedikeseknél legnagyobb arányban a kötések fellazulása, a részecskék közötti kötések erősségének változása szerepel magyarázatként.

5. évfolyam		7. évfolyam		11. évfolyam	
sűrűsége kisebb lesz	32,7	sűrűsége kisebb lesz	29,0	fellazul a kötés	32,9
a szerkezete lazább lesz	26,9	a részecskék gyorsabban mozognak	16,9	a részecskék kevésbé tapadnak össze	11,9
a hó hatására változik a szerkezete	5,1	a szerkezet lazább lesz	12,6	sűrűsége kisebb lesz	13,0
egyéb	10,2	a részecskék kevésbé tapadnak össze	7,2	a részecskék gyorsabban mozognak	9,8
		egyéb	10,1	egyéb	11,9

4. táblázat

Az 5%-nál nagyobb gyakorisággal előforduló válaszkategóriák a „mézes” feladat esetében

Minden korosztálynál jelentős arányban előfordul a „sűrűség” fogalma, de hétköznapi értelemben, a „hígan folyósság” jellemzésére használják a tanulók. Emellett még számos tévképzet megjelent. Például: „a meleg hatására a részecskék kitágulnak”, „a meleg hatására felolvad a mézben a cukor”, „melegítéskor tágulnak a részecskék”. Az anyagszerkezettel kapcsolatos pontatlan, hiányos ismereteket jelzi az is, hogy a válaszok átlagos megértési szintje ennél a feladatnál lett a legalacsonyabb.

Összességként a három korosztály közös feladatairól elmondható, hogy az élő-élettelen átalakulásra példát kérő feladat kivételével az iskolában szerzett ismeretek jelentősen hozzájárultak az adott fogalom jobb megértéséhez. Korosztályonként lényeges különbség-

gek mutatkoztak a válaszok tartalmának minőségében, a tudományos nézetekhez való közelségében. Az ötödikesek elsősorban a hétköznapi ismereteik alapján válaszoltak, a hetedikesek körében már többször megjelentek a tudományos fogalmak, de rendszerint helytelen összefüggésben. A hetedikesek esetében tapasztalható leginkább az a folyamat, amely során a hétköznapi elképzeléseket és a fizika-, biológia- és kémiaórán tanult ismereteket próbálják összerendezni a tanulók. Míg az ötödikesek körében tapasztalt tévképzetek elsősorban a tudományos ismeretek hiányából adódnak, az idősebbeknél inkább a tudományos fogalmak nem megfelelő megértéséből. A legtöbb tévképzetet akkor tapasztaltuk, amikor a feladat nem konkrétan az iskolában tanultakra kérdezett rá, hanem egy jelenség magyarázatát kellett a tanulónak megadniuk meglévő ismereteik alapján. Megérzési nehézségek leginkább az anyagszerkezettel kapcsolatos két feladatban (léggömb, méz) fordultak elő.

Hasonló jelenségeket tapasztaltunk azoknál a feladatoknál is, amelyeket csak a hetedikesek és a tizenegyedikesek oldottak meg. Azokban a feladatokban, amelyek közel álltak az iskolában megszokottakhoz – például az energia definíciójára, az energiafajtákra, az energiafajták egymásba alakulására vonatkozó feladatoknál – jóval nagyobb volt a részben vagy teljesen helyes választ adók aránya, mint a tanulók számára ismeretlen problémáknál. Az utóbbira példa a 3. ábrán bemutatott feladat.

Az alábbi ábrán három pohárt látsz. Az elsőben szódavíz van. A másodikban csapvíz van, amely egy fogja alá a szobában áll. A harmadik pohárban lévő víz pedig egy hőszigetelővel melegített. Mivel három esetben különbözőképpen melegítjük a folyadékokat.



Megvizsgáljuk, hogy a feladatsorban a különböző anyagokat alapulul!

	szódavíz	áztat csapvíz	melegített víz
Milyen anyagok vannak a buborékokban?			
Hogyan képződtek a buborékokban lévő anyagok?			

3. ábra

A hetedikesek és a tizenegyedikesek feladatsorában szereplő „buborékos” feladat

Ennél a feladtnál feltűnően sok fajta válasz született, ami azt jelzi, hogy a tanulók megpróbálták addigi ismereteiket alkalmazni a számukra viszonylag ismeretlen szituációban. Azok a tanulók ugyanis, akik nem gondolkodtak még el például a szódavízben látható buborékok keletkezéséről vagy nem tanultak róla, arra kényszerültek, hogy magyarázatokat találjanak ki meglévő ismereteik alapján. A válaszok tartalma, a bennük szereplő fogalmak használata, összekapcsolása sokat elmond arról, hogy az iskolában szerzett tudományos ismeretek a gyerekek fogalmi rendszerében hogyan szerveződnek. Az 5. táblázat a részben vagy teljesen hibás válaszokra, tévképzetekre mutat példát a „buborékos” feladat esetében.

7. évfolyam	11. évfolyam
<i>A szódavíz-buborékban levő anyag képződése</i>	
A gyárban belekeverik a gázt.	A gyárban belekeverik a gázt.
Amikor kiengedjük a szifonból a szódavizet, oxigén oldódik bele.	Amikor kiengedjük a szifonból a szódavizet, oxigén oldódik bele.
A víz nem tudja megkötni az összes szén-dioxidot.	A szénsav a felszínre tör.
Szódabikarbónából képződik.	A szénsav párolog a folyadék belsejében.
Szénatomokat engednek bele, amelyek oxigénatomokkal kapcsolódnak.	A hó hatására kiválik a szén-dioxid.
Kiválnak a részecskék, a levegő és az oxigén gáz.	A szódavíz összetevőire bomlik, szén-dioxid, oxigén és hidrogén gáz keletkezik.

5. táblázat

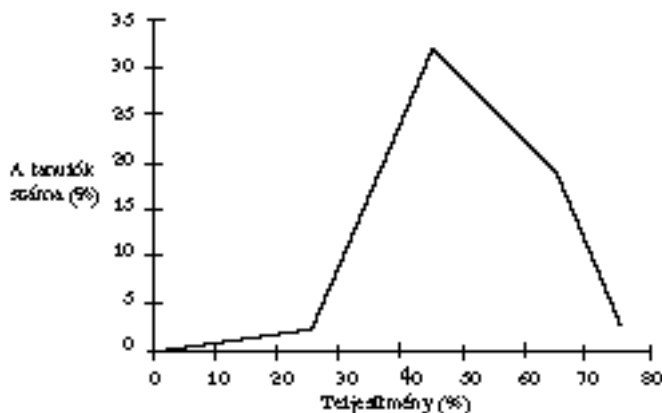
Néhány példa a „buborékos” feladat szódavízre vonatkozó részében megjelenő hibás válaszokra

A hetedikeseknél a hibás válaszok, tévképzetek nagyszámú előfordulása magyarázható azzal, hogy még csak kevés tudományos ismertetéssel rendelkeznek. Ismernek már bizonyos tudományos kifejezéseket, de a fogalmak jelentésének és más fogalmakkal való kapcsolatának megértése kezdetleges.

Elgondolkodtató viszont az, hogy négy-öt éves kémia- és fizikatanulás után is akadnak olyan gimnazisták, akik lehetségesnek tartják, hogy „a pohárban a szódavíz összetevőire bomlik, és a keletkező szén-dioxid, oxigén, hidrogén gáz kibuborékol”, vagy „a szénsav párolog a folyadékban” vagy a hetedikesekhez hasonlóan úgy gondolják, hogy „amikor kiengedjük a szifonból a szódavizet, oxigén oldódik bele”. Az ilyen kijelentések mögött alapvető ismeretbeli és szemléletbeli problémák húzódnak meg, amelyek felderítése további kutatás tárgya lehet. Valószínű, hogy az anyagszerkezet megértése erőteljesebb átszerveződést igényel a fogalmi rendszerben, mint az általunk vizsgált többi jelenség megértése.

A kvantitatív elemzés eredményei

A teszten maximálisan 53 pontot lehetett elérni. A tanulók teljesítményének átlaga 49,36%, szórás 12,36 (4. ábra). Az anyagszerkezettel kapcsolatos itemek esetében nagyon kicsi az átlag és a szórás is. Ezek voltak a legnehezebb itemek. A legkönnyebbek pedig a halmazállapotokkal, az élő-élettelen besorolással és az energiafajtákkal kapcsolatos itemek bizonyultak.



4. ábra

A 11. évfolyamos tanulók teljesítménye %-ban

A teljesítmény és a háttérváltozók kapcsolata

A tanulók teljesítménye és a háttérváltozók közötti korrelációt a 6. táblázat tartalmazza. A szignifikáns összefüggéseket * (0,05-ös szignifikancia szint), illetve a ** (0,01-es szignifikancia szint) jelzi.

nem	-,079	fizika attitűd	,198**
tanulmányi átlag	,198**	kémia attitűd	,276**
matematika jegy	,234**	biológia attitűd	-,024
fizika jegy	,235**	nyelvtan attitűd	-,054
kémia jegy	,229**	irodalom attitűd	,003
biológia jegy	,148*	történelem attitűd	-,043
földrajz jegy	,040	rajz attitűd	,019
nyelvtan jegy	,142*	angol attitűd	-,133*
irodalom jegy	,128	természettud. folyóirat olvasása	,077
történelem jegy	,133*	természetfilm nézése	-,035
rajz jegy	,155*	versenyzés természettud. tárgyakkól	,220**
angol jegy	,093	természettud. pálya választása	,139*
magatartás jegy	,065	otthoni könyvek száma	,232**
szorgalom jegy	,135*	elérendő végzettség	,135*
szeret iskolába járni	-,011	apa iskolai végzettsége	,076
elégedettség az iskolai teljesítménnyel	,064	anya iskolai végzettsége	,092
matematika attitűd	,175**		

6. táblázat

A tanulók teljesítménye és a háttérváltozók közötti korreláció a 11. évfolyamnál

A korrelációs együtthatók minden esetben alacsonyak. Igazán szoros összefüggéseket nem találtunk, de az elmondható, hogy azok a tanulók, akik szeretik és tanulják is a természettudományos tárgyakat és a matematikát, akik versenyekre járnak és természettudományos pályát szeretnének választani, jobb eredményt értek el a teszten. Nem találtunk szignifikáns összefüggést a tanulók szociális háttéré és a teszten nyújtott teljesítménye között. Kivételt ez alól az otthon található könyvek száma jelent.

Következtetések

A mérőeszköz az anyag és az energia fogalmához kötődő ismeretek elsajátítását, megértését vizsgálta három életkorban. Hipotézisünk az volt, hogy nyomon tudjuk követni az egyes fogalmak változását a három korosztályban, és azonosítani tudunk néhány általánosan előforduló megértési nehézséget, tévképzetet.

A mérésünk adatai azt mutatják, hogy a mérőeszköz segítségével nagyon sok fontos és érdekes információhoz lehet jutni arról, milyen szintű és mélységű ismerettel rendelkeznek az egyes tanulók. A kvalitatív elemzés során láthattuk, hogy az iskolai képzés hatására a tanulók fogalmai jelentősen gazdagodnak. Különösen igaz ez az élő anyag, illetve az anyagforgalom, fotoszintézis fogalmakra. Több esetben viszont, főként az anyagszerkezeti magyarázatot kérő feladatokban olyan megértési problémákat, tévképzeteket tapasztaltunk, amelyek a több éves természettudományos oktatás ellenére is megmaradtak.

A kvantitatív adatelemzés során kiderült az, hogy a tizenegyedik évfolyamosok feladat-sora tesztként működik. A tanulók teszten nyújtott teljesítménye közepesnek mondható. A teljesítmény és a háttérváltozók közötti korreláció jelzi, hogy kis mértékű, de szignifikáns összefüggés van a természettudományos érdeklődés, a természettudományos tárgyakkól szerzett jegyek és a teszten nyújtott teljesítmény között.

A tesztelemzés során kiderült, hogy a teszt homogenitásán, a feladatok nehézségén és megfogalmazásán még javítani kell. A feladattípusokkal kapcsolatos tapasztalat az, hogy

a legtöbb információt a kvalitatív adatelemzéshez azok a feladatok adják, amelyekben nem teljesen nyilvánvaló, hogy milyen konkrét ismeretet kell felidézni. A problémafeladatok arra készítik a tanulókat, hogy a meglévő hétköznapi és tudományos ismereteik felhasználásával saját maguk találják ki a magyarázatot.

A vizsgálatunk eredményeit a továbbiakban fel tudjuk használni a mérőeszköz továbbfejlesztéséhez, valamint egy olyan komplex vizsgálat megtervezéséhez, amely egy szűkebb tudásterületen, az anyagszerkezeti témában többféle módszerrel (kis- és nagymintás mérés) vizsgálja a fogalmi rendszer változásának folyamatát.

Eredményeink az oktatási gyakorlat számára jelzik azt, hogy bár a tanulók sok ismerettel rendelkeznek, fogalmaik jelentősen bővülnek a természettudományos képzés során, az ismeretek mélysége, pontossága, hasznosíthatósága gyakran nem megfelelő. Az átlagos megértési szint még a tizenegyedikeseknél sem volt magasabb a 4-es értéknél egyik feladat esetében sem, ami azt mutatja, hogy sokan adtak részben vagy teljesen hibás választ. A hibás válaszok számos esetben arra hívják fel a figyelmet, hogy a tanulók nem értették meg alapvető fizikai és kémiai törvényszerűségeket, összefüggéseket. Ilyen például a párolgás, az oldódás, az egyensúly és annak eltolódása, a molekulák és atomok keletkezésének feltételei, kémiai kötések felbomlásának lehetőségei stb. Az egyes problémákra adott válaszok sokfélesége pedig arra utal, hogy a tanulók fogalmi rendszere, annak gazdagsága és kapcsolathálója eltérő, ezért a tanulók más-más módon értelmezik és interpretálják ugyanazt az információt. Ezt a jelenséget az oktatás során feltétlenül figyelembe kell venni.

Irodalom

- ABRAHAM, M. R.–GRZYBOWSKI, E. B.–RENNER, J. W.–MAREK, E. A.: *Understandings and misunderstandings of eight graders of five chemistry concepts found in textbooks*. Journal of Research in Science Teaching, 1992. 29. 105–120. old.
- AUSUBEL, D. P.: *Educational psychology: A cognitive view*. Holt, Rinehart and Winston, New York, 1968.
- CAREY, S.: *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: MIT Press, 1985.
- CHI, M. T. H.–SLOTTA, J. D.–DE LEEUW, N.: *From things to processes: a theory of conceptual change for learning science concepts*. Learning and Instruction, 1994. 4. 27–43. old.
- DISESSA, A.: *Towards an epistemology of physics*. Cognition and Instruction, 1993. 10. 105–225. old.
- GILBERT, J. K.–WATTS, D. M.: *Concepts, misconceptions and alternative conceptions: Changing perspectives in science education*. Studies in Science Education, 1983. 10. 61–98. old.
- KOROM ERZSÉBET: *Naiv elméletek és tévképzetek a természettudományos fogalmak tanulásában*. Magyar Pedagógia, 1997. 1. 19–40. old.
- KOROM ERZSÉBET: *Az iskolai és a hétköznapi tudás ellentmondásai: a természettudományos tévképzetek*. In: CSAPÓ BENŐ (szerk.): *Az iskolai tudás*. Osiris Kiadó, Budapest. 1998. 136–169. old.
- KOROM ERZSÉBET (megjelenés előtt): *A fogalmi váltás elméletei*. Magyar Pszichológiai Szemle, PFUNDT, H.–DUI, R.: *Bibliography: Students' alternative frameworks and science education*. (harmadik kiadás), Institute for Science Education at the University of Kiel, Kiel, 1991.
- PIAGET, J.: *The child's conceptions of the world*. Harcourt, Brace and Company, New York, 1929.
- POSNER, G. J.–STRIKE, K. A.–HEWSON, P. W.–GERTZOG, W. A.: *Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change*. Science Education, 1982. 66. 211–227. old.
- POZO, J. I.: *A fogalmi váltás: Az újraszerkesztés, kifejtés és hierarchikus beépülés folyamata*. Iskolakultúra, 1997. 12. 47–57. old.
- SPADA, H.: *Conceptual change or multiple representations?* Learning and Instruction, 1994. 4. 113–116. old.
- VASS VILMOS: *Történelmi tévképzetek a tanulók gondolkodásában*. Iskolakultúra, 1997. 10. 99–105. old.
- VOSNIADOU, S.: *Capturing and modeling the process of conceptual change*. Learning and Instruction, 1994. 4. 45–69. old.