

## Korom Erzsébet

# A fogalmi váltás kutatása

## *Az anyagszerkezeti ismeretek változása 12–18 éves korban*

*A tanulók természettudományos tudására vonatkozó nemzetközi és hazai mérések kapcsán az utóbbi években nálunk is a tudás új dimenziója került előtérbe. Nyilvánvaló lett, hogy a tudás mennyiségénél sokkal fontosabb annak minősége: az iskolában szerzett ismeretek megértése és alkalmazhatósága. Hogyan javítható az iskolai tudás minősége? Hogyan küszöbölhetők ki a felmérésekben tapasztalt megértési problémák? Ezekre a kérdésekre számos, az oktatással összefüggő területen kereshetők válaszok. Most csak egyetlen aspektust emelünk ki e bonyolult rendszerből: az ismeretsajátítás folyamatának vizsgálatát, azon belül is a konstruktivista tanulásszemléletet tükröző fogalmi váltás kutatásait.*

**A** fogalmi váltást értelmező rövid elméleti összefoglaló után egy konkrét területre, az anyagok részecskeszemléletének megértésére vonatkozó empirikus vizsgálatunk legfontosabb jellemzőit, eredményeit ismertetjük. Bemutatunk egy olyan mérési struktúrát, amelyben kvalitatív és kvantitatív elemzési technikákat egyaránt használtunk a tanulók fogalmi rendszerének feltárásához és végül saját tapasztalataink, illetve a szakirodalmi eredmények alapján felhívjuk a figyelmet arra, milyen módon tudja a tanár elősegíteni a tudományos ismeretek hatékony elsajátítását.

### **Az értelmes tanulástól a fogalmi váltásig**

A megértés fontossága, az értelmes tanulás iránti igény nem új keletű, már az 1960-as években megjelent az angolszász pedagógiai szakirodalomban. *Ausubel* (1963), hasonlóan *Bruner* (1968) nézeteihez, az oktatás fontos feladatának tekintette a fogalmak, összefüggések világos, érthető formában történő közvetítését és a tanár alapvető feladatai közé sorolta a tanulók meglévő fogalmainak előkészítését az új információk befogadásához. Értelmes tanulás ugyanis csak akkor történhet, ha az új fogalmak szervesen be tudnak épülni a meglévő fogalmi készletbe. Ellenkező esetben a tanulás mechanikus befogadás, értelmetlen magolás lesz. Ez az elméleti keret jelentette a kiindulást az USA-ban az 1960-as évek végén és az 1970-es évek elején ahhoz, hogy megvizsgálják, a természettudományos és matematikai tantervi reformok mennyire váltották be a hozzájuk fűzött reményeket, a tanulók megértették-e a tananyagot, fel tudják-e használni az iskolában szerzett ismereteiket egyszerű hétköznapi jelenségek magyarázatához.

Az eredmények azt jelezték, hogy a tanulók jelentős hányada nem tudta megfelelő szinten elsajátítani a tananyagot, és fogalmi rendszerükbe tartósan beépültek olyan hibás fogalmak, amelyek nem felelnek meg az elfogadott tudományos nézeteknek. A fogalmi rendszer ezen elemeit, amelyek széles körben elterjedtek a különböző életkorú, nemű, képességű, nemzetiségű tanulók körében, s amelyek hasonlítanak az adott tudomány történetében előforduló elméletekhez és ellenállnak a hagyományos tanítási módszereknek, tévképzeteknek nevezték el a kutatók. Néhány példa a természettudományok különböző területein talált tévképzetekre:

- a tárgyakat azért látjuk, mert a fény fényessé teszi azokat (és nem azért, mert róluk fény verődik vissza a szemünkbe) (*Anderson – Smith, 1987*);
- a hőmérséklet az anyag belsejében lévő hideg és meleg keverékének mértéke (*Erickson, 1979*);
- az áramkörben az izzó elnyeli a telepből származó áramot (*Osborne, 1981*);
- a gyertya fénye éjszaka távolabbra jut el (*Stead – Osborne, 1980*);
- ha nincs mozgatóerő, a tárgyak nyugalomban vannak (*Clement, 1982*);
- a foszforatom sárga, a rézatom nyújtható, a vízmolekulák cseppekből állnak (*Anderson, 1990*);
- a jégkockában a vízmolekula kocka alakú (*Griffiths – Preston, 1992*);
- az anyagok folytonosak, részecskéik között más anyag vagy szennyeződés van (*Sére, 1985*);
- a szerzett tulajdonságok öröklődnek (*Kargbo – Hobbs – Erickson, 1980*);
- a növények a vizet cukorra változtatják (*Wandersee, 1983*);
- a gömb alakú Föld az űrben van, de az emberek a vízszintes Föld felszínén élnek, a gravitáció felülről lefelé hat (*Nussbaum – Novak, 1976*).

A tévképzetek feltárása rendkívül népszerű lett világszerte: hatalmas mennyiségű adat gyűlt össze előfordulásukról és természetükről. (*Korom, 1997*) A tévképzet-kutatások az ismeretelsajátítás értelmezésére is hatással voltak: a tanulás konstruktivista felfogása került előtérbe. A tanulók nem passzív befogadók, hanem aktív közreműködők tudásuk formálásában. Már az iskola előtt létrehoz-  
nak elméletserű fogalmi struktúrákat azért, hogy megmagyarázzák a világ jelenségeit. E fogalmak szolgálnak kiindulási alapként a tudományos ismeretek elsajátításában. A gyerekek kezdeti, iskolai tanulás előtti fogalmait a tévképzet kifejezés mellett még számos egyéb módon jelölték az egyes kutatók, például: naív meggyőződés, előzetes elképzelés, alternatív keret, gyermektudomány, intuitív fogalom. A terminológiai sokszínűség jelzi, hogy a kutatók eltérően ítélik meg a gyermeki tudás szervezettségét és a későbbi tanulást befolyásoló hatását, de abban megegyeznek, hogy az iskolai tanulmányok során a kiindulási fogalmi készlet változik, átrendeződik.

A tévképzetek tartalmi leírása felhívta a figyelmet arra, hogy a tanulók hétköznapi tapasztalatokon alapuló fogalmi struktúráit figyelembe kell venni a tanítás során. A tévképzetek megjelenésének okaira, a tanulók fogalmi rendszerében lezajló változásokra viszont már egy újabb irányzat, az 1980-as években kibontakozó fogalmiváltás-kutatás próbált magyarázatot adni. E paradigmán belül kialakult kutatási irányokat, a fogalmi váltást magyarázó elméleteket egy korábbi tanulmány részletesen áttekinti (*Korom, 2000*), itt csak röviden összefoglaljuk a legfontosabb eredményeket.

Világossá vált, hogy a tanulók tévképzetei nem cserélhetők le könnyedén egyik pillanatról a másikra a tudományos fogalmakra. A fogalmi váltás hosszú folyamat, amelynek során a fogalmi rendszer kisebb vagy nagyobb mértékben módosul. Egyszerűbb esetekben a fogalmi rendszer új elemekkel, új kapcsolatokkal történő gazdagodása zökkenőmentes és több éves tanulás után elvezet a tudományos ismeret megértéséhez. Így fejlődik például az élet és az élőlény fogalma.

Más esetekben viszont jelentős mértékű átrendeződésre, alapvető fogalmak módosulására, a világ megismerését determináló alapelvek megváltoztatására is szükség van a

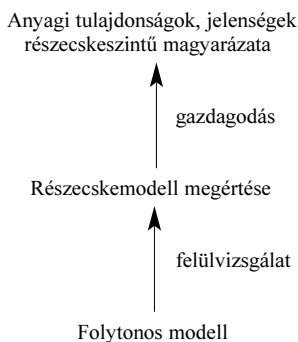
*A tanulók tévképzetei nem cserélhetők le könnyedén egyik pillanatról a másikra a tudományos fogalmakra. A fogalmi váltás hosszú folyamat, amelynek során a fogalmi rendszer kisebb vagy nagyobb mértékben módosul. Egyszerűbb esetekben a fogalmi rendszer új elemekkel, új kapcsolatokkal történő gazdagodása zökkenőmentes és több éves tanulás után elvezet a tudományos ismeret megértéséhez.*

tudományos ismeretek elfogadásához. Erőteljes átrendeződés zajlik például a Föld alakjának megértésénél (be kell látni, hogy a gravitáció nem felülről lefelé, hanem a Föld középpontja felé hat, ezért nem esnek le az emberek a földfelszínről) vagy a newtoni mechanika megértésénél (a gyerekeknek el kell fogadniuk a közvetlen tapasztaláson alapuló, az arisztotelészi fizikára vagy a középkori lendületelméletre hasonlító meggyőződésük mellé egy új rendszert is az erő és a mozgás kapcsolatáról). E folyamat fokozatosan, különböző állapotokon keresztül zajlik. Sokáig egymás mellett élhetnek, illetve különböző mértékben és formában keveredhetnek a tanulók tudatában a kezdeti és az új fogalmi rendszer elemei. Az egymással nem kompatibilis előzetes tudás és új ismeret összeillesztése jelentős kognitív erőfeszítést igényel és gyakran a tanulmányok befejezéséig sem jár sikerrel.

### Az anyagok szerkezetéről alkotott kép változása

Az anyagok szerkezetével kapcsolatos elképzelések is jelentős változáson mennek keresztül az iskolai évek alatt. Amikor a gyerekek az iskolában elkezdik tanulni ezt a témát, már határozott elképzeléseik vannak az anyagokról. Mivel gondolkodásuk elsősorban a konkrét és megfigyelhető dolgokra irányul, tapasztalati úton eljutnak a folytonos anyagszerkezeti modellhez. A mindennapi anyagok, legyenek azok szilárdak vagy folyékonyak, folytonosnak tűnnek és ezt a tulajdonságukat kisebb részekre darabolva vagy cseppekre bontva is megtartják. Ugyanakkor a gyerekek fizikai és kémiai tanulmányaik során megismernek egy absztrakt, szemmel nem látható világot, a részecskék világát. Kapcsolatot kell teremteniük a mikroszkopikus és a makroszkopikus szint, a részecskék és a közvetlenül tapasztalható tulajdonságokkal rendelkező anyagok között.

A folytonos modell és a részecskemodell az anyagszerkezet két gyökeresen eltérő megközelítése. A tudományos modell elfogadása ezért csak a hétköznapi modell felülvizsgálata, a fogalmi rendszer radikális átszervezése révén valósulhat meg (ezt jelzi az 1. ábrán az alsó nyíl). A részecskemodell megértése után a fogalmi fejlődésben egy új szakasz kezdődik. Ekkor már nincs szükség nagyobb mértékű fogalmi átrendeződésre (az 1. ábrán ezt a felső nyíl mutatja). Erre a szakaszra inkább az ismeretek bővülése, a modell finomodása jellemző. Optimális esetben ekkor történik az atom- és molekulaszervezetre vonatkozó nagy mennyiségű ismeret elsajátítása.



1. ábra. A részecskeszemlélet kialakulásának legfontosabb szakaszai

A részecskeszemlélet kialakulása akkor megfelelő, ha a tanulók felismerik az összefüggést a felépítő részecskék minősége és az egyes anyagok makroszkopikus tulajdonságai között, valamint részecskeszintű magyarázatot tudnak adni az anyagok állapotában, szerkezetében bekövetkezett változásokra.

## A részecskemodell megértésének vizsgálata 12–18 éves korban

A részecskeeszemlélettel kapcsolatos tudományos ismeretek elsajátítását 6–8–10–12. osztályos tanulók körében tanulmányoztuk. Arra kerestük a választ, hogy a tanulók mennyire ismerik és tudják alkalmazni a részecskemodellt iskolai tanulmányaik előrehaladtával. A felmérés megtervezésekor az *I. ábrából* indultunk ki, amelyet a fogalmi váltás folyamatára vonatkozó korábbi kutatások (Anderson, 1990; Vosnadou, 1994) alapján alakítottunk ki. Az anyagi halmazok alapvető tulajdonságainak megértését, azaz a fogalmi váltás eredményét vizsgáltuk, és ebből következettünk a fogalmi fejlődés egyes állomásaira. A diákok válaszainak elemzése, értékelése során nem csak a tanulói elképzelések leírására törekedtünk, hanem arra is, hogy a megértési hibákból következtessünk az anyagszerkezeti ismeretek fejlődésének lépéseire.

Felmérésünkben az alábbi kérdésekre kerestük a választ: Mennyire ismerik a részecskemodellt a 6–8–10–12. osztályos tanulók? Azonos mértékben értik-e a részecskemodellt a gázok, a folyadékok és a szilárd anyagok esetében? Hogyan alkalmazzák a részecskemodellt egyszerű jelenségek magyarázatában? A részecskemodell alkalmazásában szerepet játszik-e a kontextus? Melyek a leggyakrabban előforduló hibás elképzelések, tévképzetek? Hogyan változik a tévképzetek jellege és aránya az életkorral? Van-e összefüggés a részecskeeszemlélet megértését vizsgáló teszten elért teljesítmény és más változók között?

Hipotézisünk szerint a részecskemodell ismerete az életkorral változik, így jelentős különbségek mutathatók ki az általános és a középiskolás tanulók között. A szakirodalmi adatok alapján feltételeztük, hogy a gázoknál a részecskemodell megértése fiatalabb korban következik be. A tanulmányok előrehaladtával a részecskeeszemlélet megértése és alkalmazása egyre magasabb szintre jut el. A tanulók tudása viszont minden életkorban függ a tartalomtól. Tévképzetek leginkább az általános iskolások körében fordulnak elő, de megtalálhatók az idősebbeknél is. Korábbi adataink alapján feltételeztük, hogy az anyagszerkezeti ismeretek megértése a tanulmányi átlaggal, a tudásszintmérő teszteken nyújtott teljesítménnyel és az elérendő iskolai végzettséggel mutat összefüggést.

### A vizsgálat módszerei

#### *A minta*

A felmérésben összesen 900 tanuló vett részt 6 megye (Baranya, Bács-Kiskun, Békés, Borsod-Abaúj-Zemplén, Hajdú-Bihar és Vas) általános iskoláiból, gimnáziumaiból és szakközépiskoláiból. Összesen 18 iskolából 34 osztály szerepelt a mintában. Az évfolyamokat és az iskolatípusokat figyelembe véve hat részmintát különítettünk el: hatodik osztály, nyolcadik osztály, tizedik osztály gimnázium, tizedik osztály szakközépiskola, tizenkettedik osztály gimnázium és tizenkettedik osztály szakközépiskola. Az egyes részminták aránya egyenletes volt, a tanulók száma mindegyikben 150 fő körül mozgott.

#### *Mérési módszerek*

A mérőeszköz kifejlesztésénél felhasználtuk a tévképzetek feltárására irányuló korábbi mérések tapasztalatait (Korom, 1998, 1999), ötvöztük a kvalitatív és a kvantitatív eljárásokat. E kétfajta vizsgálati módszer jelen van a tanulók fogalmi rendszerét feltáró kutatásokban is – pszichometrikus és etnografikus adatgyűjtési technikát egyaránt alkalmaznak a kutatók –, de az általunk végzett nagymintás, keresztmetszeti, összetett változórendszerrel használó felmérés újdonságnak számít.

A tanulói fogalmak megismerésére irányuló nemzetközi kutatásokban a pszichometrikus vagy tudományközpontú megközelítés követői kvantitatív módszereket alkalmaznak annak elemzéséhez, hogy a tanulók megértették-e a tananyagot, tudják-e alkalmazni tudásukat új helyzetekben. Nagyobb elemszámú mintát (általában 100–300 tanuló)

vizsgálunk, többszörös választást kérő feladatokat vagy néhány mondatos választ igénylő nyitott kérdéseket alkalmaznak. A mérőeszközök leginkább feladatsorok és nem pszichometriai értelemben vett tesztek, a statisztikai elemzés a legtöbb esetben nem megy túl a helyes és a hibás válaszok gyakorisági eloszlásának feladatonkénti bemutatásán.

A tudományközpontú megközelítéshez tartozó, kvantitatív technikákat használó eljárások másik változatának az a célja, hogy feltárja a tanulók fogalmi struktúráját és összehasonlítsa azt a tananyag struktúrájával. Elsősorban Bruner (1968) munkájának hatására indult el az 1970-es évek elején a tudásstruktúrák feltárása és optimalizálása, ami nagy hatással volt a tanulói fogalmak vizsgálatára is. A tananyag tartalmi struktúrája fogalmakból és azok kapcsolataiból felépülő háló, amely megadja az adott fogalmi rendszer terjedelmét és mélységét. A tudásstruktúra vizuális formában gráf, háló vagy fogalmi térkép segítségével jeleníthető meg. (Novak – Gowin – Johanda, 1983; Novak, 1990; Takács, 1997)

Számos eljárást használnak a kutatók annak feltárására, hogyan reprezentálódnak a fogalmak a tanulók memóriájában. (Stewart, 1980) Ilyenek például a szóasszociációs, mondatkiegészítési, mondatképzési feladatok, a különböző fogalomtérképezési technikák. Ezek az eljárások is használhatók nagyobb mintán, hiszen van lehetőség a kvantifikálásra. Különböző mutatók segítségével számszerűen is lehet jellemezni például az asszociációs feladatoknál az említett szavak gyakoriságát, sorrendjét, két szó kapcsoltóságát; a fogalmi térképnél a fogalmak közötti kapcsolatot, a fogalmak távolságát, a fogalmak és a kapcsolatok helyességét. Az összpontszámok alapján a tanulók fogalmi térképei rangsorba állíthatók. A fogalmi rendszer fejlettségéről pedig a tananyag alapján készült „tudományos térképpel” való összevetés ad felvilágosítást. A Galois-gráf technikánál (Takács, 1997) a tanulók által kitöltött dolgok és tulajdonságaik mátrixa alapján számítógéppel megjeleníthetők a tanulók egyéni gráfjai, és összevethetők a szaktudományi gráffal.

A tanulói fogalmak megismerésére irányuló kutatások másik iránya etnografikus módszereket használ, és arra törekszik, hogy megismerje és megértse a tanulók gondolatait. Ezek az egyéni, kismintás vizsgálatok a Piaget (1929) által kifejlesztett klinikai interjú módosított változatát használják. Az interjú vezetője előre elkészített forgatókönyv alapján, megfelelő sorrendben kérdéseket tesz fel bizonyos jelenségekkel kapcsolatban. Ha nem kap releváns választ, újra felteszi a kérdést, esetleg módosítja azt. A beszélgetést magnóra rögzítik, tartalmilag elemzik. A válaszok alapján megszerkeszthető az egyes tanulók fogalmi térképe is az adott témakörben.

### *Mérőeszközök*

Vizsgálatunkban, amely 2000 tavaszán zajlott, a részecskemodell megértését, a részecskeszemlélet fejlődését tesztel mértük. Ezzel a mérőeszközzel egyrészt az összeteljesítményt értékeltük, másrészt képet kaptunk a tanulók elképzeléseiről is. A teszt eredménye alapján kiválasztottunk minden évfolyamról hat tanulót, azokat, akiknél a teszt több tévképzetet is kimutatott. Velük strukturált interjúkat készítettünk a tesztben szereplő kérdésekben alaposan elmélyedve, a gyerekek tévképzeteinek eredetét, a tévképzetek használatának következetességét vizsgálva. A teszt eredményeit számos egyéb változóval tudtuk összevetni, hiszen a tudásmérést tanulói és tanári kérdőív is kiegészítette.

A tanulói kérdőívben az alapvető háttér adatokon kívül tantárgyi attitűdöket, tanulási szokásokat és önértékelést vizsgáltunk. A tanári kérdőívben a tudományos ismeretek tanulásáról és tanításáról kérdeztük azokat a tanárokat, akik természettudományos tárgyakat tanítottak vagy tanítanak a mérésben részt vett tanulóknak. Adatokat gyűjtöttünk arról, hogyan ítélik meg a tanárok diákjaik tantárgyi attitűdjeit, milyen célokat tartanak fontosnak a természettudományos nevelésben, milyen tanítási módszereket használnak. Kíváncsiak voltunk arra is, hogyan értelmezik a megértés fogalmát; érzékelik-e azt, hogy diákjaiknak gondot jelent a tudományos ismeretek elsajátítása. Végül arra kértük a tanárokat, hogy beszéljék meg, milyen eredményt értek el tanulóik a részecskeszemlélet fejlődését vizsgáló teszten. A mérőeszközök közül itt most csak a tesztet mutatjuk be részletesebben.

*A részecskemodell megértésére irányuló teszt*

Állandósult tudást mértünk, és minden korosztályban ugyanazt a tesztet használtuk (csak a hatodikosok tesztje volt rövidebb, mivel kihagytunk belőle néhány olyan témát, amit még nem tanultak). A teszt alapvetően kétféle szinten mért: az 1. feladat a gázok, folyadékok és szilárd anyagok legfontosabb tulajdonságainak felismerési szintű tudását kérte zárt végű kérdés formájában. Itt csupán a jellemzőket és az anyagi halmaz nevét kellett összeilleszteni, ezáltal a tankönyvekben szereplő ismereteket reprodukálni.

A teszt felismerési szinten mérő feladata:

1. Jelöld be X jellel, hogy az alábbi tulajdonságok mely anyagokra jellemzőek!

Tulajdonság	Gáz	Folyadék	Szilárd
Kitölti a rendelkezésre álló teret.	a)	b)	c)
Részecskéi között vonzóerő hat.	d)	e)	f)
Összenyomható.	g)	h)	i)
Részecskéi mozognak.	j)	k)	l)
Állandó térfogata van.	m)	n)	o)
Állandó alakja van.	p)	q)	r)

A további 14 feladat ezen jellemzők megértését, jelenségek magyarázatában való felhasználhatóságát vizsgálta, tehát a tudást értelmezési szinten mérte. Az alábbiakban néhány példát mutatunk be ezekre a feladatokra. A „gázok részecskéi kitöltik a rendelkezésre álló teret.” tudáselem megértését mérte a 2. feladat b iteme és az 5. feladat. A részecskék mozgására kérdezett rá gázoknál a 4., folyadékoknál 6. feladat, szilárd anyagoknál a 8. feladat. A részecskék közötti kölcsönhatások értelmezését mutatta például a 6., 7. és 11. feladat.

**Értelmezési szintű feladatok:**

- Egy zárt palackból kiszívjuk a levegő egy részét. Hogyan változik meg a palackban maradt levegő tömege, térfogata és nyomása?
  - tömege
  - térfogata
  - nyomása
- Ha kinyitunk egy kölnis üveget a szobában, a kölni illata egy idő után az egész szobában érezhető. Magyarázd meg, hogy miért!
- Egy lehűtött műanyag palack szájára léggömböt húzunk, majd a palackot meleg vízbe állítjuk. Rajzold le, hogy mi történik a léggömbbel!



Magyarázd meg a jelenséget!

- A teába tett kockacukor egy idő után teljesen feloldódik. Hogyan? Magyarázd el, hogyan oldja fel a víz a kockacukrot!
- Miért hagy nyomot a papíron a grafitceruza?
- A 0 °C-on 1 méter hosszú alumínium rúd 100 °C-ra felmelegítve 2,4 milliméterrel megnyúlik.
  - Mi a jelenség neve?
  - Milyen változás történik az alumínium részecskéivel ekkor?
- A benzin könnyebben párolog, mint a víz. Miért?
  - Magyarázd el a folyadékok párolgásának folyamatát!

A nyitott kérdések alkalmazásával képet kaphattunk arról, a tanulók milyen mértékben tudják a tudományos fogalmi készletet használni, mit gondolnak az egyes jelenségekről, hogyan teremtenek kapcsolatot a jelenségek és azok okai között.

## Eredmények

Az adatelemzésben hasonló módon jártunk el, mint a tévképzeteket feltáró korábbi vizsgálatainkban. (Korom, 1998, 1999) A tanulók válaszait kétféle skála alapján értékeltük. Az összteljesítmény megállapításához dichotóm skálát használtunk: ekkor csak a tökéletes és a hibás válaszokat különítettük el. A válaszok minőségének megítélését hatfokú skála segítségével végeztük. Ebben az esetben a hibás válaszokat is elemeztük és különbséget tettünk közöttük aszerint, hogy milyen mértékben felelnek meg a tudományos magyarázatnak (tartalmaznak-e tévképzeteket, illetve jó elemeket). Az 1. táblázat jelzi, hogy mindkét skála használata esetén jól mért a mérőeszköz, kivételt a hatodikosok jelentettek. Az ő tesztjük lényegesen rövidebb volt, emellett gyakran fordultak elő következetlenül megválaszolt vagy kitöltetlenül hagyott feladatrészek is.

1. táblázat. Reliabilitásmutatók a kvantifikáláshoz használt kétféle skála esetében

	6. o.	8. o.	10. o.	12. o.	8–10–12. o. együtt
Dichotóm skála (1–15. feladat)	0,67	0,83	0,85	0,87	0,87
Hatfokú skála (2–15. feladat)	0,71	0,87	0,88	0,91	0,90

A kvantitatív elemzés mellett kvalitatív módszert is használtunk. A tanulók válaszait a bennük szereplő kulcsfogalmak alapján tartalmi kategóriákba soroltuk, ami lehetővé tette, hogy megfigyeljük, adott életkorban a tanulók válaszaiban milyen elemek dominálnak. A továbbiakban a vizsgálat részletes ismertetéséből (Korom, 2001) csak néhány elemzési módszert és eredményt emelünk ki.

### *A tanulók teljesítménye a részecskemodell jellemzőinek ismeretében (1. feladat)*

A teljesítményeket részmintánként összehasonlítva elmondható, hogy a részecskemodell jellemzőit (átlagteljesítmény az 1. feladatban) jól ismerik minden korcsoportban a tanulók. (2. táblázat) Ha viszont a halmazállapotok és a tulajdonságok szerinti bontást is elvégezzük, akkor kiderül, hogy leginkább a gázok, legkevésbé pedig a folyadékok tulajdonságait ismerik a tanulók. Ennek az lehet az oka, hogy a gázok és a szilárd anyagok szerkezetét könnyebb elképzelni, mint a folyadékokét.

2. táblázat. A teljesítmények átlaga évfolyamonként, iskolatípusonként százalékban

	8. o. A	10. gimn. B	10. szakk. C	12. gimn. D	12. szakk. E	Szignifikáns különbségek
Teljes teszt	45,7	62,5	49,0	56,6	48,8	(A,C,E)<D<B
1. feladat	76,0	88,0	76,0	83,8	75,8	(A,C,E)<D<B
Gáz	83,7	90,5	84,6	88,8	86,7	(A,C)<(B,D)
Folyadék	67,3	84,2	69,4	76,9	66,4	(A,C,E)<D<B
Szilárd	77,0	89,4	73,9	85,6	74,4	(A,C,E)<(B,D)
2–15. feladat	30,1	49,4	35,2	42,7	35,0	A<(C,E)<D<B

A tulajdonságok közül minden részmintánál a legkönnyebbnek az az ismeret bizonyult, hogy a gázok és folyadékok alakja nem állandó, a szilárd anyagoké viszont igen. A három halmazállapot esetében más-más tulajdonság ismerete okozott gondot. A gázoknál az összenyomhatóság és a részecskék közötti kölcsönhatás értelmezése problémás. A folyadékoknál legkevésbé azt tudják eldönteni a tanulók, hogy térfogatuk állandó-e adott körülmények között, illetve kitöltik-e a rendelkezésre álló teret. A szilárd anyagoknál pedig a részecskék mozgása jelent nehézséget.

A részecskemodell összetartozó tulajdonságai között (például: térkitöltés és részecske-mozgás; vonzóerő és állandó térfogat) csak elvétve találtunk gyenge korrelációkat, ami arra utal, hogy a tanulók tudása nem következetes. Megtanulták ugyan a részecskemodell jellemzőit az egyes halmazállapotokra vonatkozóan, de nem értik a mögöttük levő okokat, nem kapcsolják össze a részecskemodell egyes tulajdonságait.

*Az alkalmazási feladatokban (2–15. feladat) nyújtott teljesítmény*

A részecskemodell jellemzőinek megértését vizsgáló feladatoknál jelentős visszaesés tapasztalható a teljesítményben az 1. feladathoz képest. A nyolcadikosok és a gimnazisták teljes teszten nyújtott teljesítményét összehasonlítva elmondható, hogy a gimnáziumi oktatás jelentős mértékben hozzájárult a tanulók tudásának növekedéséhez. A gimnazisták lényegesen többet tudnak az egyes anyagok szerkezetéről, mint a nyolcadikosok, azonban számos jelenség (párolgás, hővezetés, hőtágulás) pontos, részecskeszintű magyarázatát ők sem tudják megadni.

*A válaszok minősége az alkalmazási feladatokban*

A válaszok tartalmi elemzése során összehasonlítottuk a magyarázatok minőségét és a megértés szintjét a négy korcsoportban. A hatodikosok többsége leginkább tapasztalati szinten magyarázza meg a jelenségeket. A nyolcadikosoknál már megjelenik a tudományos fogalmak, összefüggések használata is, de gyakran előfordul a fogalmak jelentésének összekeverése és a fogalmak helytelen kontextusban történő alkalmazása. A gimnazisták tárgyi tudása a leggazdagabb, viszont náluk is gyakran fordulnak elő pontatlan ismeretek.

A tesztben több olyan feladat is szerepelt, amely ugyanazt a tudást mérte más halmazállapotban, más anyagnál vagy más problémánál. Minden részmintánál azt tapasztaltuk, hogy a kontextus erőteljesen befolyásolta a teljesítményeket. A kontextus hatása a hőtágulás fogalmánál volt a legszembetűnőbb. Ugyanazt a jelenséget a gázoknál és a szilárd anyagoknál eltérő módon magyarázták meg a tanulók.

Ugyancsak a kontextus hatására hívja fel a figyelmet az a tény, hogy a teszt feladatai közül a tanulók lényegesen jobban oldották meg azokat, amelyek hasonlítottak a kémiaórán vagy fizikaórán előfordulóakra. A kevésbé ismert jelenségeknél azonban a teszten egyébként jó eredményt elérő tanulók sem tudtak mindig helyes magyarázatokat adni. A válaszok tartalmi elemzése számos tévképzetet tárt fel, különösen ez utóbbi csoportba tartozó feladatoknál (a párolgás, a forrás, a hőtágulás, a hővezetés és a hőáramlás részecskeszintű magyarázata).

Több olyan tévképzetet találtunk, amely minden korosztálynál előfordult. Például: „A párolgás és a forrás során a folyadékból valamilyen gáz (levegő / oxigén / hidrogén / széndioxid) távozik el.” (és nem a folyadék kerül más halmazállapotba); „Az alumíniumrúd azért nyúlik meg melegítés hatására, mert részecskéi megnőnek.” Számos olyan tévképzetet is feltártunk, amelyek túlmutatnak a részecskeszemlélet megértésének problémáján, és arra hívják fel a figyelmet, hogy a tanulók jelentős hányada még középiskolában sincs tisztában alapvető fizikai és kémiai fogalmakkal. Ilyen például a hó anyagként kezelése.

*A részecskeszemlélet fejlődési modelljének finomítása*

A tanulók válaszaiban megjelenő megértési hibák a fogalmi fejlődés nehézségeire, illetve a fogalmi váltás folyamatának kritikus pontjaira utalnak. Az általunk talált leggyakoribb problémák:

- A részecskemodell jellemzőinek megértése függ a halmazállapottól és az anyagi minőségtől.
- A folyadékoknál a leggyengébb a részecskemodell megértése.
- A részecske-mozgás, a térkitöltés, az állandó térfogat, az összenyomhatóság magyarázatának hiánya.



- Visszacúszás a folytonos modellhez (a részecskék között levegő vagy más anyag van).
- Az egyes halmazállapotok jellemzői a tanulás során gyakran előforduló anyagokhoz kötődnek, például tipikus folyadék a víz, tipikus gáz a levegő vagy a szén-dioxid.
- Nem világos a halmazállapot és a halmazállapot-változás fogalma.
- Keveredik az atom, az ion és a molekula; az elsőrendű kötés és a másodrendű kötés; a részecskéken belüli és a részecskék közötti kötés fogalma.
- Az anyag tulajdonságainak levetítése részecskeszintre.

A felmerült megértési problémákból arra lehet következtetni, hogy a folytonos modellből a részecskemodellbe történő átmenet egyik kritikus pontja az összefüggések felismerése a részecskemodell tulajdonságai között. Annak megértése például, hogy mi tartja együtt a részecskéket, mi az oka a részecskék mozgásának, mitől függ az, hogy egy anyagnak milyen a halmazállapota. A részecskemodell további gazdagodásában pedig alapvető fontosságú az atom, molekula, kötés fogalmak pontos ismerete.

#### *Az interjúk tapasztalatai*

Az interjúk során nyert adatok megerősítették a teszttel kapott eredményeinket. A tanulók ismerik a részecskemodell egyes jellemzőit, például „az anyagok részecskéi mozognak”, „a gázok kitöltik a rendelkezésre álló teret”, de csak kevesen értik ezek okát is.

---

*A tanárok jelentős hányada gondolja azt, hogy ha a tanuló alkalmazni képes a tudását az adott tantárgy feladataiban, akkor ez egyben azt is jelenti, hogy megfelelő módon megértette az anyagot. Csak kevesen említették a megértés jeleként azt, ha a tanuló más órán, a megszokottól eltérő szituációban is képes felhasználni ismereteit.*

---

A többség nem ismeri fel, hogy a részecskék kölcsönhatása hogyan befolyásolja az anyagok makroszkopikusan megfigyelhető tulajdonságait. A részecskék mozgási energiájáról, annak változásáról még a tizenkettedikesek is csak elvéve tesznek említést.

#### *A tanári kérdőív eredményei*

A vizsgálatunkban részt vevő, természet-tudományos tantárgyakat tanító általános iskolai és középiskolai tanárok a természettudományos nevelés céljai közül a gondolkodási képességek fejlesztését, a tananyag és a hétköznapi élet összekapcsolását, valamint a korszerű ismeretek közvetítését tartják a leg-

fontosabbnak. Ugyanakkor úgy gondolják, hogy e célok a gyakorlatban csak kis mértékben valósulnak meg.

A tanárok tisztában vannak azzal, hogy tanulóik a többi tantárgyhoz képest kevésbé szeretik a fizikát és a kémiát, sőt a középiskolai tanárok e két tantárgy kedveltségét még a tanulók által megadottnál is rosszabbnak tartják.

A tanítási tapasztalataik alapján számos olyan témát, fogalmat soroltak fel, amelyek tanulása nehézséget okoz a tanulóknak. A tudományos ismeretek elsajátításában jelentkező problémák hátterében véleményük szerint elsősorban a tanulók ismereteinek, képességeinek és érdeklődésének hiánya, valamint a tananyag bonyolultsága és feszített tempóban történő feldolgozása áll. A megértési nehézségek okai között csak nagyon kis arányban említették a tanárok a nem megfelelő tanítási módszereket.

A tanárok leginkább a hagyományos módszereket használják: a magyarázatot, a szemléltetést, a megbeszélést. A tanulók aktivitását jobban igénybe vevő módszerek alkalmazására – mint például a csoportmunka vagy a vita – csak ritkán kerül sor.

A tanárok jelentős hányada gondolja azt, hogy ha a tanuló alkalmazni képes a tudását az adott tantárgy feladataiban, akkor ez egyben azt is jelenti, hogy megfelelő módon megértette az anyagot. Csak kevesen említették a megértés jeleként azt, ha a tanuló más órán, a megszokottól eltérő szituációban is képes felhasználni ismereteit.

### A fogalmi fejlődést és az értelmes tanulást elősegítő módszerek

A kérdőív eredménye megerősített bennünket abban, hogy a tanárokkal meg kell ismertetni a fogalmi fejlődés menetére vonatkozó kutatási eredményeket, és fel kell hívni figyelmüket arra az útra, amit a tanulóknak be kell járniuk az ismeretek megértéséhez. A 3. táblázat olyan módszereket tartalmaz, amelyekkel hatékonyabbá lehetne tenni az ismeretek tanítását.

3. táblázat. A tanulók fogalmi fejlődését elősegítő tanítási módszerek

Módszer	Jelentősége a tanulók fogalmi fejlődésében
A tanulók előzetes és aktuális tudásának diagnosztizálása	A tanár a tanulók előzetes, illetve aktuális tudásához tudja igazítani az új ismeretek tanítását.
Jelenségek okainak megbeszélése, problémák felvetése és megvitatása	A tanulók megtanulják megfogalmazni saját elképzelésüket és rájönnek arra, hogy mások ugyanarról a dologról mást gondolkozhatnak.
Kísérletek, az eredmények tanulói előrejelzése	A tanulók össze tudják vetni saját előzetes elképzelésüket a kísérlet eredményével.
Szemléltetés (szimuláció, analógia)	Elősegíti, hogy a tanulóknak helyes képzeteik alakuljanak ki absztrakt dolgokról, közvetlenül nem érzékelhető jelenségekről.
Az adott tudományterület történetének tanítása	A tanulók rájönnek arra, hogy saját elképzeléseik hasonlítanak a tudomány által már túlhaladott elméletekhez.
Metafogalmi tudatosság kialakítása, az önértelmező szint elérésének segítése	A tanulók saját ismeretszerzésükről és tanulásukról rendelkeznek tudással: a világról alkotott elképzeléseiket hipotézisként kezelik és folyamatosan tesztelik.
Motiválás	Az új ismeretek tanulása eredményesebb, ha abban a tanuló is érdekelt, él benne a felfedezés és a megértés vágya.

A sikerhez azonban nem elegendők a tanárképzésben és az oktatási gyakorlatban végbemenő változások. A fogalmi fejlődés pszichológiai jellemzőit az eddigieknél nagyobb mértékben figyelembe kellene venni a tantervek, tankönyvek és egyéb oktatási segédanyagok készítésénél is. Ha a tanulók értelmi fejlettségének és érdeklődésének megfelelő tartalomhoz társul a fogalmi struktúra jól átgondolt formálása, az egyes tudásszintek (tapasztalati, értelmező és önértelmező) egymásra építése és az odafigyelés a tanulók elképzeléseire, akkor megvalósulhat a ma még oly távoli cél: a tanulók nem csupán megtanulják a tananyagot, hanem ismereteiket hatékonyan alkalmazni is tudják.

### Irodalom

- Anderson, C. W. – Smith, E. L. (1987): Teaching science. In: Richardson-Koehler, V. (szerk.): *Educators' handbook: A research perspective*. Longman, New York.
- Andersson, B. (1990): Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12–16). *Studies in Science Education*, 18. 53–85.
- Ausubel, D. P. (1963): *The psychology of meaningful verbal learning*. Grune and Stratton, New York.
- Bruner, S. J. (1968): *Az oktatás folyamata*. Tankönyvkiadó, Budapest.

- Clement, J. (1982): Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50, 66–71.
- Erickson, G. L. (1979): Children's conceptions of heat and temperature. *Science Education*, 63, 221–230.
- Griffiths, A. K. – Preston, K. R. (1992): Grade-12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 611–628.
- Kargbo, D. B. – Hobbs, E. D. – Erickson, G. L. (1980): Children's belief about inherited characteristics. *Journal of Biological Education*, 14, 137–146.
- Korom Erzsébet (1997): Naiv elméletek és tévképzetek a természettudományos fogalmak tanulásakor. *Magyar Pedagógia*, 1, 19–41.
- Korom Erzsébet (1998): Az iskolai és a hétköznapi tudás ellentmondásai: a természettudományos tévképzetek. In: Csapó Benő (szerk.): *Az iskolai tudás*. Osiris Kiadó, Budapest. 139–169.
- Korom Erzsébet (1999): A naiv elméletektől a tudományos nézetekig. *Iskolakultúra*, 9, 10, 60–72.
- Korom Erzsébet (2000): A fogalmi váltás elméletei. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 2–3, 179–205.
- Korom Erzsébet (2001): *A tudományos ismeretek elsajátítása – fogalmi fejlődés és fogalmi váltás*. Ph.D értekezés, Szegedi Tudományegyetem.
- Novak, J. D. (1990): Concept mapping: A useful fool for science education. *Journal of research in science teaching*, 27, 937–949.
- Novak, J. D. – Gowin, D. B. – Johanda, G. T. (1983): The use of concept mapping and knowledge vee mapping with high school science students. *Science Education*, 5, 625–645.
- Nussbaum – Novak (1976): An assessment of children's concepts of the earth utilizing structured interviews. *Science Education*, 60, 535–550.
- Osborne, R. (1981): Children's ideas about electric current. *New Zealand Science Teacher*, 29, 12–19.
- Piaget, J. (1929): *The child's conceptions of the world*. Harcourt, Brace and Company, New York.
- Séré, M. G. (1985): The gaseous state. In: Driver, R. – Guesne, E – Tiberghien, A. (szerk.): *Children's ideas in science*. Milton Keynes, London. 105–123.
- Stead, B. – Osborne, R. (1980): Exploring students' concepts of light. *Australian Science Teacher Journal*, 26, 84–90.
- Stewart, J. (1980): Technique for assessing and representing information in cognitive structure. *Science Education*, 2, 223–235.
- Takács Viola (1997): A tudásszerkezet mérése. *Iskolakultúra*, 7, 6–7., melléklet.
- Vosniadou, S. (1994): Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 1, 45–69.
- Wandersee, J. H. (1983): Students' misconceptions about photosynthesis: A cross-age study. In: Helm, H. – Novak, J. D. (szerk.): *Proceedings of the first international seminar on misconceptions in science and mathematics*. Department of Education, Cornell University, New York. 459–484.