



A TANULÓK KÉMIAI RÉSZECSKÉKKEL KAPCSOLATOS FOGALMI RENDSZERE

DOKTORI (PHD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

LUDÁNYI LAJOS

TÉMAVEZETŐ: DR. TÓTH ZOLTÁN

**DEBRECENI EGYETEM
TERMÉSZETTUDOMÁNYI DOKTORI TANÁCS
KÉMIA DOKTORI ISKOLA
DEBRECEN, 2008.**

1. BEVEZETÉS

Napjainkban a természettudományok eredményeiről, hátrányairól szóló hírekkel a mindennapok szintjén találkozunk az átlagember; ugyanakkor egyre csökken azok száma, akik értelmezni, továbbgondolni is képesek a beérkező információkat. Ennek egyik oka az általános és középiskolai oktatás által nyújtott természettudományos alapismeretek hiányos, töredezett, jelentéstartalom nélküli rögzülése. Növekszik a tanulási problémákkal küszködő gyerekek aránya, és egyre több, főleg középiskolás diák veszti el motivációját a természettudományok megismerése iránt. A természettudományos tárgyak a tanulók számára elsősorban tények, törvények halmazát, egy készen kapott, abszolútnak tűnő keretet, nem pedig logikai következtetéseken alapuló, bárki által használható rendszert jelentenek.

A kémia az általános és középiskolai természettudományos oktatás legösszetettebb, legnagyobb szellemi koncentrációt, absztrakciós készséget igénylő tantárgya. Ez az első olyan tárgy, amelyben a diákok egy új – mindenkire kötelezően előírt – nyelvet és ezzel együtt olyan elvont fogalmi rendszert, egy ehhez társuló szimbólumrendszert kell hogy elsajátítsanak, amelynek elemeivel korábbi tanulmányaik, mindennapi életük során nem kerültek kapcsolatba. Bár a tanulói tudáskiépülés már az iskola előtt megkezdődik, amikor a diákok elméletszerű fogalmi struktúrákat hoznak létre a világ jelenségeinek magyarázatára, de ezekben a naiv elképzelésekben – ellentétben a többi természettudományos tárggyal –, csak alig jelennek meg a kémiában használatos fogalmak. A kémia oktatásának a lényege ezen új kategóriák (atom, molekula stb.) megalkotása. A kémiaoktatás feladata továbbá a fogalmak értelmezéséhez szükséges keretrendszer kialakítása is. A tantárgy nehézségét éppen az jelenti, hogy a tanulók a maguk által kialakított, köznapi fogalmaikhoz társított értelmező rendszert használják a tudományos fogalmak esetében is.

Értelmes tanulás csak úgy lehetséges, ha az új ismereteket a diákok képesek hozzákapcsolni a már meglévő fogalmi struktúrájukhoz. Amennyiben a tanuló naiv fogalma és a tudományosan meghatározott fogalom jelentése, értelmezése között jelentős különbség van, megértési problémák jelentkeznek: az új információ nem illeszkedik az addigi fogalmi rendszerhez. Ekkor a fogalom jelentés nélkül vagy egyre több ellentmondást tartalmazó elképzelésként rögzül. Ez utóbbiak feloldhatatlanságából származó kudarcélmény az egyik feltételezett okozója a természettudományi tárgyak népszerűségvesztésének.

Csak a strukturált módon kialakított tudást lehet hasznosítani, amelyben a tudáselemek kapcsolódnak egymáshoz, hivatkoznak egymásra, és így hoznak létre egy rendszert. A tudás kiépülése úgy történik, hogy az új ismeret a már meglévő rendszer eleméhez, elemeihez kapcsolódik. A tudás ennek következtében nem egyszerűen tények tárháza, hanem fogalmak kiterjedt hálózata. Ezt nevezzük kognitív struktúrának.

Egy új fogalom megalkotásában többnyire egynél több ismertnek feltételezett fogalomra, építőelemre támaszkodunk. Ezek között az építőelemek között logikai kapcsolatok léteznek; némelyikük párhuzamos tudáselem, mások alá-, fölérendeltségi viszonyban vannak egymással. Hogy a tudáselemek a diákok elméjében miként rendeződve alkotják a fogalmat, az a tanár számára fontos információ, visszajelzés a munkájáról, valamint a diákok gondolkodási sémáiról.

A tanulók fogalmi kereteinek feltárására kidolgozott módszerek között a legkedveltebbek a gráfok segítségével megjeleníthetők (Galois-gráf, fogalmi térkép, tudástér-elmélet). **A fogalmi struktúra feltárására, a változás követésére egy új módszert fejlesztettünk ki, a fenomenográfiával kombinált tudástér-elméletet.** Ez segítséget nyújt abban, hogy a tanulócsoporthoz egyetlen nyílt végű kérdésre adott válaszában feldolgozásából következtetni lehessen arra, hogy melyek azok a lényegi elemek, amelyeket egy adott fogalom esetén fontosnak tart a diákok többsége; valamint ezek az elemek milyen hierarchia szerint építik fel a fogalmat.

2. A FELMÉRÉS CÉLJAI

A célok két területe jelölhető meg munkám kapcsán:

1) Magyarországon még senki nem vizsgálta azt, hogy miként építik fel a diákok alapvető kémiai részecskékkel kapcsolatos fogalmaikat; milyen megértési nehézségekkel kerülnek szembe az oktatás során; tévképzeik mennyire hasonlatosak a külföldi szakirodalomban megjelenőkhöz. Ez a munka úttörő jelentőségű, egyben hiánypótlás a tankönyvírók, tantervfejlesztők és a tanárképzésben dolgozók számára.

2) A fenomenográfiával kombinált tudástér-elmélet egy új módszer a szakdidaktikában. Munkám során igyekeztem bizonyítani a módszer életrevalóságát, használhatóságát különféle pedagógiai-didaktikai kérdések megválaszolása esetében.

Konkrét célok :

- Megvizsgálni az alapvető kémiai részecskékkel kapcsolatosan kialakult fogalmak rögzülését, a fogalmak felépülését, illetve ezen fogalmakban az oktatás hatására bekövetkező évenkénti finomszerkezeti változást.
- Az egyes fogalmak esetén feltárni azokat az értelmezési nehézségeket, amelyekkel a tanulók a tanítási folyamat során szembekerülhetnek, és amelyek okozói lehetnek tanulási sikertelenségüknek.
- Megvizsgálni az utóbbi években Magyarországon kiadott 7-8. évfolyamos kémia tankönyvek fogalomépítése, definíciói és a tanulói fogalomalkotás közti kapcsolatot.
- Feltárni a szimbólum- és molekuláris szintek szereplőinek ismertségét, valamint azt, hogy a három szint (anyag halmaz – szimbólumok – molekuláris szint) között miként tudnak a diákok kapcsolatot teremteni.
- Megkeresni azokat a lehetőségeket a felmérés keretein belül, amelyek az új módszer, a fenomenográfiával kombinált tudástér-elmélet segítségével feldolgozhatók.

3. A FELMÉRÉS PARAMÉTEREI

Jelen munka alapját egy 2003-ban elvégzett, 726 (7-11. évfolyamos) az ország legkülönbözőbb tájairól származó hat- és nyolcosztályos gimnáziumi tanuló bevonásával történt felmérés adatai képezik. Az országos felmérőlap témakörei a következők voltak:

1. feladat: Atom, molekula, elemmolekula, vegyületmolekula, ion, kation, anion, egyszerű ion, összetett ion fogalma

2-3. feladat: Vegyjel, képlet jelentése

4-5. feladat: Az anyagokat alkotó részecskék vizsgálata

6. feladat: Kémiai részecskék töltésének vizsgálata

7-8. feladat: Az anyag szerveződése

A teszt reliabilitás-vizsgálatánál a Cronbach-alfa értékére 0,8992 adódott, amely arra utal, hogy a mérőlap minden feladatát tekintve homogén.

A didaktogén okok feltárásához a magyarországi 7-8. évfolyamos kémia tankönyvek fogalomkialakítását – meghatározását vizsgáltam a tanulói definíciók hibáinak ismeretében.

4. MÓDSZEREK

4.1. Statisztikai értékelés

A hagyományos statisztikai értékeléshez a tévképzetkutatásban használatos hatértékű skálát használtam:

I. táblázat A tévképzetkutatás során használatos értékelés

Válasz pontértéke	0	1	2	3	4	5
Megértés szintje	Nincs válasz	Nincs megértés	Tévképzet	Részleges megértés tévképzettel	Részleges megértés	Teljes megértés

4.2. A fenomenográfiával kombinált tudástér-elmélet módszere

A vizsgálat során a hagyományos statisztikai módszerek mellett a fenomenográfiával kombinált tudástér-elméletet is felhasználtam a fogalmak felépülésének vizsgálatához. Ennek lényege a következő:

A kutatói tevékenység leírása

A tevékenység eredménye

① Mérőlap összeállítása az adott fogalom – például az *atom* – vizsgálatára. A mérés lefolytatása.

A FOGALOMRA ADOTT TANULÓI VÁLASZOK:

A legegyszerűbb elemi részecske. Elektronokból, protonokból és neutronokból áll, n^0 , e^- , p^+

A legkisebb olyan részecske, amit kémiai reakcióval nem lehet tovább bontani

Nincs válasz

② A tanulói válaszok fenomenográfiai vizsgálata: az adott fogalmat felépítő kategóriák megkeresése.
Fenomenográfia: egy fogalom, jelenség lényegét adó kategóriák megkeresése bizonyos szabályok betartásával.

Kategóriák

① **Az anyag építőegysége** típusú definíció

Ilyen definíció például: „Az atom az anyag legkisebb részecskéje.” vagy „Az anyag kémiaiilag tovább nem osztható részecskéje.”

② **Az atom alkotói** típusú definíció

Pl. „Az atom protonból, elektronból és neutronból álló semleges részecske.”
Vagy „Az atom atommagból és elektronból álló részecske (az atommagban található a proton és a neutron)”.

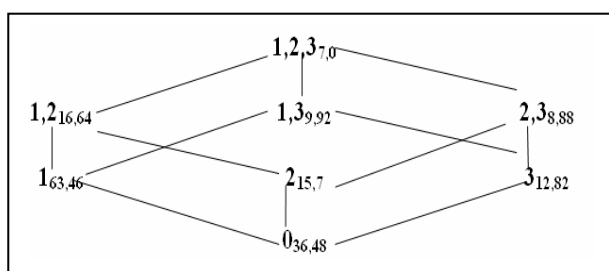
③ **Az atom modellezése** típusú definíció

„Az atomot atommag és elektronfelhő alkotja.” „... az atommag körül keringenek az elektronok” stb.

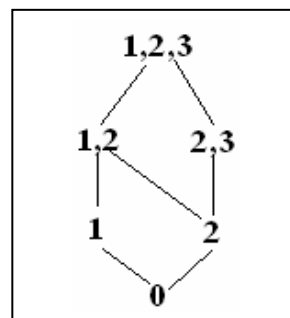
③ A tanulói válaszok csoportosítása a fenomenográfiai kategóriák alapján. Az egyes tudásállapotokba eső tanulók számának meghatározása.

Tudásállapotok	Tanulók száma
[1, 2, 3]	6
[2, 3]	8
[1, 3]	2
[3]	11
[1, 2]	11
[2]	14
[1]	81
Nincs értékelhető megoldás	38

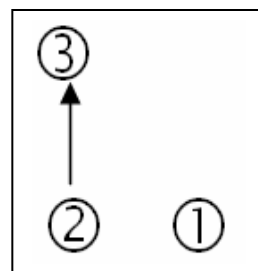
④ A tudásállapotokból a tudástér-elméletnél használatos számítógépes programmal (*Knowledge State Theory-Simplified Analysis*) a tanulócsoport tudásszerkezet-gráfjának meghatározása.



⑤ A Potter-féle számítógépes program segítségével a tanulócsoport gráfjára legjobb illeszkedést adó gráf megkeresése szisztematikus próbálgatással. (χ^2 -próba)



⑥ A gráf átkonvertálása Hasse-diagrammá, amely révén könnyebben értelmezhetővé válnak a fogalomalkotók közötti kapcsolatok.



5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK:

5.1 A tanulók fogalomdefiniálásával kapcsolatos eredmények

5.1.1. *A tanulói definíciók jelentős része nem felelt meg a definíálás formai követelményeinek.*

Sok definícióból hiányzott a besoroló fogalom vagy a viszony, sokszor a fogalom neve sem szerepelt. Ez egyrészt arra utal, hogy a diákok nincsenek tisztában azzal, mit is jelent definiálni valamit, másrészt a hivatalos definícióból csak bizonyos, fontosnak tulajdonított részeket jegyezték meg. A definíciókból egyértelműen kitűnt, hogy az első két évben nem sikerült elsajátítani megfelelően a kémiai szakszargont, így nagyon gyakran a köznapi élet szókincséből származó szavakkal próbálták meg helyettesíteni a hiányzó szakszavakat.

5.1.2. *Az elsőként tanult definíció rögzül a legjobban.*

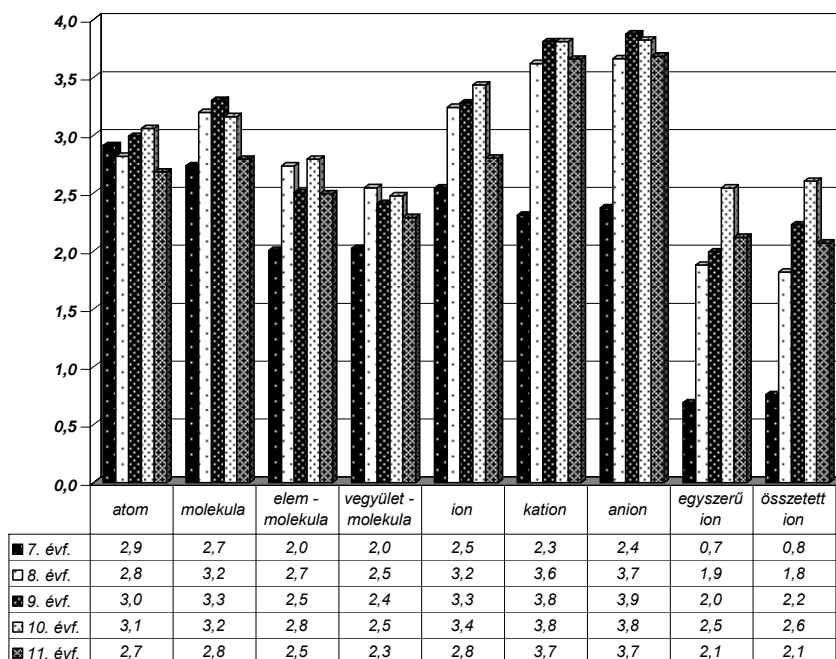
Az a módszer, hogy az elsőként adott definíciót követően a tankönyvek (tanárok) a tanulóra bízzák a fogalom kibővítését, kiterjesztését, vagy csak az összefoglaláskor adnak meg egy komplexebb definíciót, nem hatékony.

5.1.3. *A definíálás sikerességét meghatározza a fogalmazás nyelvi bonyolultsága.*

A legsikeresebb az ion, anion, kation fogalmának definiálása volt, mivel ezek a legrövidebben megadható definíciók. A legnehezebben definiálhatóknak azok a fogalmak bizonyultak, amelyeket a tankönyvek (tanárok) többnyire nem definiáltak (elemmolekula, vegyületmolekula, egyszerű és összetett ion), így a tanulók a szóösszetétel tagjaiból próbálták meg levezetni jelentésüket.

A definiálás sikeressége ugyanakkor nem volt összhangban a definíció tartalmának megértésével. A fogalmak definiálásában többnyire a 10. évfolyamos tanulók voltak a sikereesebbek, nem pedig a legtöbb kémiai ismerettel rendelkező 11. évfolyamosok.

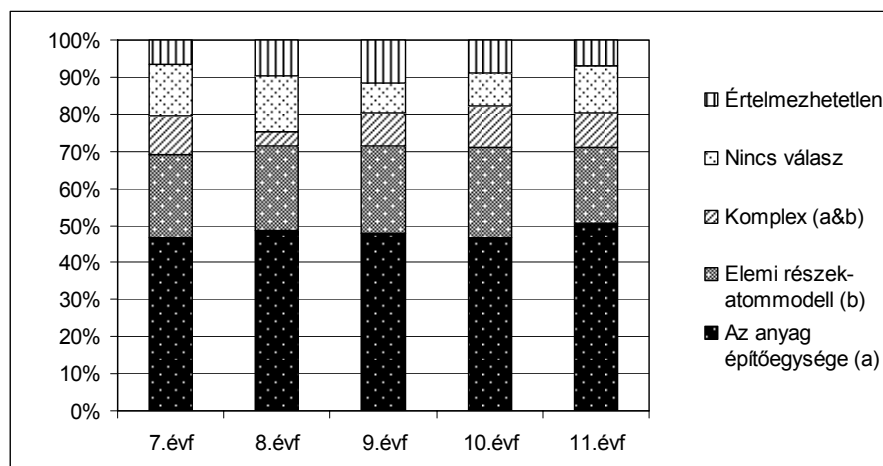
A fogalom definiálásának jósága



1. ábra A kémiai fogalmak definiálásának sikeressége évfolyamonként (Maximális pontérték: 5)

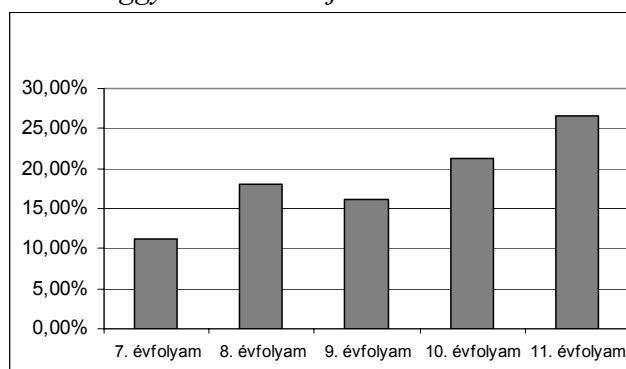
5.2. Az atomfogalommal kapcsolatos eredmények

5.2.1. *Az atomfogalomra adott definíciók tartalmának megoszlása az évek során alig változik.* A tanulók ~50%-a a kezdeti, – az atom az anyag legkisebb (kémiaiilag oszthatatlan) részecskéje – atomdefiníciót adta. Kb. 20%-nyi diáknak nem volt értékelhető elképzelése az atom fogalmáról. Közel 30%-nyi diák pedig komplex definíciót adott, amelyben megemlítette az atom összetevőit, illetve kitért valamely atommodellre.



2. ábra Az atomdefiníció tartalmának megoszlása évfolyamonként

5.2.2. *Az atomdefiníciók leggyakoribb hibája az atom elemi részecskévé nyilvánítása.*



3. ábra Azon diákok számaránya évfolyamonként, akik elemi részecskéként definiálják az atomot

Ez a tévképzet a nemzetközi szakirodalomban nem szerepel. Ez a félreértelmezés egyértelműen a magyar nyelv sajátosságához kötődik, mivel a diákok az *elemi* szót köznapi jelentésében használják: az *alapvető*, illetve az *elemből képződött* szó szinonimájaként jelenik meg a definiálásuk során.

5.2.3. *Az atom tanulói definícióinak fenomenográfiai vizsgálata.*

Eszerint a diákok három fogalomalkotó alapkategória kombinációból állították össze definícióikat. Ezek:

1. Az anyag építőegysége. Pl.: „Az atom az anyag legkisebb részecskéje.”
2. Az atom alkotói típusú definíció. Pl.: „Az atom protonból, elektronból és neutronból álló semleges részecske.”
3. Az atom modellezése típusú definíció. Pl.: „Az atomot atommag és elektronfelhő alkotja.”

5.2.4. A tanulócsoporthok jellemző tudásszerkezete

	7. évfolyam	8. évfolyam	9. évfolyam	10. évfolyam	11. évfolyam
A FOGALOM FELEPÜLÉSET LEÍRÓ HASSE-DIAGRAMOK			① ② ③		
	① ② ③ ↑	① ② ③ ↑	① ② ③ ↑	① ② ③ ↑	
		① ② ③ ↑	① ② ③ ↑		① ② ③ ↑
			③ ① ② ↑	② ① ③ ↑	
Jelmagyarázat	① Az anyag építőegysége típusú definíció ② Az atom alkotói típusú definíció ③ Az atom modellezése típusú definíció				

4. ábra A tanulók atomfogalommal kapcsolatos tudásszerkezetét évfolyamonként leíró Hasse-diagramok

A fenomenográfiával kombinált tudástér-elmélet alapján kapott modellek azt mutatják, hogy a hetedik évfolyamon egy olyan szerkezet rögzül, ahol az atom mint részecske különvlik az atom alkotóitól, azok modellként történő elképzelésétől. 8. évfolyamon kezdődik meg egy látványos átrendeződés a fogalomalkotók között, amely átrendeződés végül olyan szerkezettel zárul, amelyben az atom modellként való leírása kerül előtérbe.

5.3. A molekulafogalommal kapcsolatos eredmények

5.3.1. A kovalens kötés értelmezésével kapcsolatos problémák

A diákok a molekula definíciójában nem tértek ki az atomokat összetartó erőre, azokat atomcsoportként, „összeragadt egységként” kezelték. Pl.: „[A molekula] Több atomból álló egység”. Többen nem tudták értelmezni a kovalens kötést, magát a kötést is fizikai egységként kezelték. Pl.: „[A molekulák] Atomokból és kovalens kötésekéből állnak”.

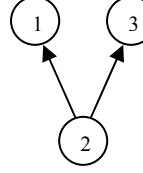
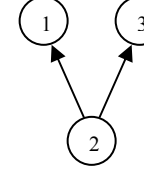
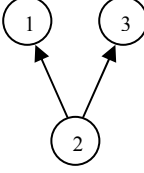
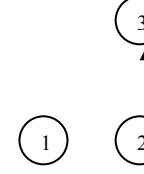
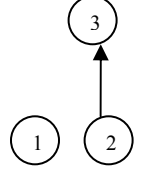
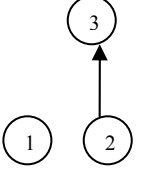
Az évfolyamok tekintetében egyre növekedett azok száma, akik a molekulán belüli kötést a kovalens kötés kárára elsőrendű, illetve másodrendű kötésként vagy ionos kötésként értelmezték.

5.3.2. A molekulafogalom tanulói definícióinak fenomenográfiai vizsgálata

A diákok három fogalomalkotó alapkategória kombinációiból állították össze definícióikat. Ezek:

1. A molekula egy részecske. Pl.: „Összetett kémiai részecske.”
2. A molekulát atomok alkotják. Pl.: „Több atomból áll.”
3. A molekulát (kovalens) kötés tartja össze. Pl.: „Kovalens kötés által létrehozott részecske.”

5.3.3. A tanulócsoporthok jellemző tudásszerkezete

	7. évfolyam	8. évfolyam	9. évfolyam	10. évfolyam	11. évfolyam
A FOGALOM FELEPÜLÉSÉT LEÍRÓ HASSE-DIAGRAM					
					
Jelmagyarázat:	① A molekula egy (bontható, összetett) részecske. ② A molekulát atomok alkotják. ③ A molekulát kovalens kötés tartja össze.				

5. ábra A tanulók molekulafogalommal kapcsolatos tudásszerkezetét évfolyamonként leíró Hasse-diagramok

A fenomenográfiával kombinált tudástér-elmélet alapján kapott modellek azt mutatják, hogy a hetedik évfolyam atomon alapuló molekulafogalma (atomokból tevődik össze a molekula, és az atomok közti kovalens kötés tartja össze a részecskét), a nyolcadik évfolyamon átrendeződik. A molekula mint kémiai részecske fogalma elkülönül a molekula létrejöttétől és alkotóitól. A 11. évfolyamra viszont a diákok visszatérnek az atomon alapuló molekulafogalomhoz.

5.4. Az ionfogalommal kapcsolatos eredmények

5.4.1. Az ionfogalom értelmezési problémái

- Az ion definiálásának sikeressége hetedik évfolyamon a legrosszabb. Ennek egyik valószínű oka, hogy ekkor még az ionfogalom megértéséhez szükséges fizikai alapok hiányoznak.
- A diákok számára az ion fogalma a töltöttség szinonimája, és többek számára az ion szó magát a vegyjel sarkában megjelenített töltésjelet jelenti. Pl.: „Egy elem / vegyület töltését nevezzük ionnak.”
- A hiányos definíciók leggyakoribb hibája a *kémiai* jelző elmaradása a részecske szó előtt, pl.: „Töltéssel rendelkező részecske”.
- A tanulók közül többen egybemoszták az egyszerű és az összetett ionok keletkezésének folyamatát, amely így helytelen definíciót eredményezett. Pl.: „[Az ion] Atomokból keletkezik elektron vagy proton leadással / felvétellel.”

5.4.2. Az ion tanulói definícióinak fenomenográfiai vizsgálata

A diákok három fogalomalkotó alapkategória kombinációiból állították össze definícióikat. Ezek:

1. Az ion egy (kémiai) részecske. Pl.: „Kémiai részecske.”
2. Az ion töltéssel rendelkezik. Pl.: „Megmutatja, hogy az egyes elemeknek milyen töltése van.”
3. Az ion keletkezése, ionkötés létrejötte. Pl.: „Elektron vagy proton leadásával jön létre.”

5.4.3. A tanulócsoportok jellemző tudásszerkezete

	7. évfolyam	8. évfolyam	9. évfolyam	10. évfolyam	11. évfolyam	
A FOGALOM FELÉPÜLÉSÉT LEÍRÓ HASSE-DIAGRAMMOK						
	Jelmagyarázat	① Az ion egy (kémiai) részecske. ② Az ion töltéssel rendelkezik. ③ Az ion elektron (proton) felvétellel-leadással keletkezik.				

6. ábra A tanulók ionfogalommal kapcsolatos tudásszerkezetét évfolyamonként leíró Hasse-diagramok

A fenomenográfiával kombinált tudástér-elmélet alapján nyert modellek szerint a hetedik évfolyamon az ionfogalom felépülésében az ion, mint kémiai részecske jelenik meg, erre az ismeretre épül rá, hogy van töltése, és az is, hogy elektronfelvétellel vagy -leadással keletkezik. E két utóbbi elem párhuzamos tudáselem. Ez a tudásszerkezet átmeneti állapotokon keresztül úgy alakul át, hogy az ion töltöttsége válik meghatározóvá.

5.5. A kémiai részecskék töltésével kapcsolatos eredmények

- Mit jelent a töltöttség, mikor semleges egy részecske? Ennek megértése komoly problémát jelent, különösen hetedik évfolyamon, hiszen hiányoznak a megértéshez szükséges fogalmak.
- A tanulók ~10%-a egészen a 9. évfolyamig nem tudta helyesen értelmezni, hogy miként lehet semleges az atom, ha benne pozitív és negatív töltések is vannak.
- A hetedik évfolyamos diákok 50%-a hibás választ adott a molekula töltésére, és a további évfolyamokon is csak a diákok ~70%-a ismerte a helyes választ. A hibás válaszadás elsősorban a dipólus molekulák helytelen ismeretéből adódik.

5.6. A kémiai szimbólumok ismeretével kapcsolatos eredmények

- A kémiai szimbólumok ismertsége jónak mondható, a diákok sikerrel ismerték fel az alapvető kémiai részecskék szimbólumait. A tanulók többsége a szimbólumok jelentését molekuláris szinten értelmezte: H : hidrogénatom; H_2 : hidrogénmolekula; H^+ : hidrogénion. Tíz százalék alatti azon diákok aránya, akik a szimbólumok jelentésénél kitértek annak mennyiségi jelentésére is.

- A leggyakoribb hiba, hogy a szimbólum jelentése a periódusos rendszerbeli névre korlátozódott csupán. Pl.: „*H : hidrogén*”.
- Hetedik évfolyamon 13%-nyi diáknak, míg nyolcadik évfolyamon 15%-uknak jelentett problémát a szulfátion molekulaként vagy ionként történő besorolása. Ennek oka, hogy az indexek helyétől függően sorolták be az illető jelölést (a jobb felső index iont, a jobb alsó molekulát jelentett).

5.7. A kémia makro- és a molekuláris szintjének kapcsolata

- A molekuláris és a makroszint kapcsolata közötti korreláció gyenge, gyenge-közepes ($p < 0,001$). A tanulók helyesen definiálták ugyan az alapvető kémiai részecskék fogalmát, de arra a kérdésre, hogy makroszinten értelmezett anyagok (homok, levegő, só, gyémánt stb.) konkrétan milyen kémiai részecskéket is tartalmaznak, már helytelen válaszokat adtak.
- A leggyakoribb hiba, hogy az alkotó entitás típusa helyett képlettel válaszoltak, vagy az atomi szintig csupasztították le a válaszaikat. Pl.: „*A cukrot C, H és O alkotja*”.
- A legnagyobb probléma az ionkötésű anyagok (só, sós víz, gipsz stb.) alkotóinak meghatározása. A tanulók tévképzetei megegyeznek a nemzetközi tapasztalatokkal. Bár sokan tudtak arról, hogy ionkötésű vegyületekről van szó, de például magát a NaCl képlettel jelölt vegyületet ionkötéssel létrejött, bináris molekulának gondolták.
- A levegő alkotóinál igen gyakori, hogy abban hangsúlyozottan jelent meg a víz, és a képletét additívan kezelve a levegő alkotói között a H₂ is megtalálható volt.

5.8. A fenomenográfiával kombinált tudástér-elmélet használhatósága

A feldolgozás során egyértelművé váltak az új módszer oktatásban történő használatának jellemzői.

Előnyei közé sorolható:

- Felderíthető vele egy-egy fogalom strukturális felépülése.
- Kimutatható a fogalmi rendszer szerkezetében bekövetkező változás.
- Feltérképezhetőek a hibásan rögzült fogalom rögzülésének okai.
- Olyan finomszerkezetű változások is kimutathatók, amely változások a hagyományos statisztikai módszerek esetén láthatatlanok maradnak.
- A Hasse-diagramok alkalmazásával jól értelmezhető, képi megközelítését adja az eredményeknek.

Hátrányai:

- Két, magában is igen munka- és időigényes módszer kombinációját jelenti.
- A fenomenográfiai kategóriák megtalálása gyakorlatot igényel.
- A tudástér-elmélet matematikai alapját biztosító számítógépes program csak korlátozott itemszámú feladat értékelését teszi lehetővé.
- A program freeware jellege miatt az eredményként kapott gráfok manuális megalkotása 7 item után már meghalad(hat)ja az emberi szem és agy befogadóképességét.
- A gráfokat Hasse-diagramokká konvertáló számítógépes program hiányában az itemszám növekedésével exponenciális arányban megjelenő Hasse-diagramok közül a ténylegesen szerepet játszókat megtalálása csak kellő tapasztalat birtokában történhet.

Ezen gátló tényezők miatt a módszer mindaddig, amíg egy felhasználóbarát program meg nem születik a tudástér-elmélet eredményének grafikus értelmezésére, illetve ezen gráfok

Hasse-diagramokká történő átalakítására, elsősorban a pedagógiai–módszertani kutatásokban kaphat igazán jelentős szerepet.

5.9. A tanulói hibák és a tankönyvek kapcsolata

A fogalmak definiálásánál felbukkanó értelmezési problémák egyértelműen kapcsolatba hozhatók voltak a tankönyvekben található definíciók hangsúlyeltolódásaival, a fogalmak megalapozásának módszertani buktatóival.

A mérés tapasztalatai szerint a tanulók fogalmai nem fejlődnek olyan gyorsan, nem történik meg a fogalom beépülése olyan sebességgel, mint ahogy a tankönyvek és a tanári magyarázat alapján az várható.

6. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI ALKALMAZÁSA

Jelen munka eredményei figyelmeztetőek a kémia oktatásában szerepet vállalók számára. Azt bizonyítják, hogy kémiaoktatásunk tradicionális módszere a legjobb tanulókból álló mintán is csak közepesnek minősíthető eredményt ad a kémia alapfogalmait illetően. Mindez arra világít rá, hogy a kémiai fogalmak absztrakt jellege, egy, a diákok számára addig ismeretlen szemléletmód megismertetése, az új szaknyelv elsajátítása nagyobb odafigyelést, a használatos módszerek átgondolását igényli. A XXI. században hatékonyabb kémiai oktatás csak akkor várható, ha szemléletmódváltás következik be az oktatásban. Ennek a szemléletmódváltásnak nem annyira a tartalomra, mint az oktatási módszerre kell hatással lennie. Jelen pillanatban legígéretesebbnek a konstruktivista szemléletmód meghonosodása tűnik. Az elmélet és a hozzá kapcsolódó módszertan a természettudományos tárgyak oktatásában azzal segítene leginkább, ha felváltaná az akadémikus szemléletmódot egy tanulócentrikus szemléletmóddal, amely kevésbé idegenítené el a tárgytól a diákokat.

Jelen értekezésben a fogalmakkal kapcsolatosan feltárt értelmezési problémák a tankönyvírók, szakmódszertan-kutatók és a pedagógusok számára egyaránt iránymutatóak. Arra figyelmeztetnek, hogy a már beváltak gondolt módszerek is rengeteg buktatót tartalmaznak; azaz a tanári munka folytonos önellenőrzést, módszertani megújulást igényel. Amennyiben már a legalapvetőbb kémiai fogalmakkal kapcsolatosan is értelmezési problémák adódnak, nem várhatjuk el diákjainktól a tárgyhoz való pozitív viszonyulást.

A tanítási folyamat nyomon követésére a tanárnak információt kell arról szereznie, hogy milyen fogalmi struktúrával rendelkezik a tanuló a tanulási folyamat megkezdésekor, és ez a fogalmi rendszer miként változik meg az oktatási folyamat során. Ezen ismeretek birtokában alakíthatja úgy óravezetését, hogy megtalálja a kapcsolódási pontokat a diákok fogalmi rendszeréhez, ellenőrizni tudja munkájának hatását. A fenomenográfiával kombinált tudástér-elmélet többféle módon történő felhasználását mutattam be az értekezés során, sikerrel használtam fel különféle pedagógiai-módszertani kérdések megválaszolására. A már bevált módszerek mellett hathatós segítséget nyújthat abban, hogy a tanárok, kutatók képet alkothassanak arról, miként is történik meg egy-egy fogalom értelmezésének változása a tanulócsoporton belül.

Az értekezés eredményeinek többsége szakmai folyóiratokban, konferenciákon már ismertetésre került. Közvetett módon történő további hasznosulása akkor következhetne be, ha a tanárképzés anyagába is bekerülnének az itt feltárt tanulói értelmezési nehézségek, és a leendő pedagógusok már annak ismeretében kezdenék meg munkájukat, hogy tisztában lennének módszereik buktatóival.

7. TUDOMÁNYOS PUBLIKÁCIÓK

7.1. Az értekezéshez kapcsolódó közlemények:

7.1.1. Külföldi referált folyóiratokban megjelent közlemények:

1. Tóth Zoltán, Ludányi Lajos: **Combination of Phenomenography with Knowledge Space Theory to Study Students' Thinking Patterns in Defining an Atom** *Chemistry Education Research and Practice*, 2007; **8** (3), 327-336.
2. Tóth Zoltán, Ludányi Lajos: **Using Phenomenography Combined with Knowledge Space Theory to Students' Thinking Patterns in Describing an Ion** *Journal Of Baltic Science Education* 2007; **6** (3), 27-33.

7.1.2. Hazai referált folyóiratokban megjelent közlemények:

1. Ludányi Lajos: **Kémiai fogalmak jelentésváltozásai a diákok gondolkodásában** *Magyar Kémikusok Lapja* 2006. 61. szám 173-178 o.
2. Ludányi Lajos: **Kémiai Babel** *Iskolakultúra* 2007. 1. szám 3-18.
3. Ludányi Lajos: **A levegő összetételével kapcsolatos tanulói koncepciók vizsgálata** *Iskolakultúra* 2007. 10. szám 50-63.

7.1.3. Hazai nem referált folyóiratokban megjelent közlemények:

1. Ludányi Lajos: **Az atomfogalom tanításának lehetőségei és problémái I. Elméleti alapok** *KöKÉL* 2006/5 340-350.
2. Ludányi Lajos: **Az atomfogalom tanításának lehetőségei és problémái II. Hazai tapasztalatok** *KöKÉL* 2007/1 68-84.

7.2. Az értekezéshez kapcsolódó előadások:

1. Ludányi Lajos: **Kémiai fogalmak jelentésváltozásai a diákok gondolkodásában III. Országos Neveléstudományi Konferencia, Budapest, 2003.** (Tartalmi összefoglalók: 346. oldal)
2. Ludányi Lajos - Tóth Zoltán: **Kémiai fogalmak jelentésváltozásai a diákok gondolkodásában** *XXI. Kémiatanári Konferencia, Pécs, 2004.* (Előadás-összefoglalók: 84. oldal)
3. Ludányi Lajos: **Hogyan képzelik el a tanulók a részecskéket?** *IV. Országos Neveléstudományi Konferencia, Budapest, 2004.* (Tartalmi összefoglalók: 308. oldal)
4. Ludányi Lajos: **Az iskolatípus és a tanítási módszer hatása a tudásszerkezetre** *V. Országos Neveléstudományi Konferencia, Budapest, 2005.* (Tartalmi összefoglalók: 161. oldal)

5. Ludányi Lajos - Tóth Zoltán: **Tanulók részecskékkel kapcsolatos definícióalkotásának vizsgálata** *XXII. Kémia tanári Konferencia, Veszprém, 2006. (Tartalmi összefoglalók: 48. oldal)*
6. Ludányi Lajos: **Kémiai Bábel** *VI. Országos Neveléstudományi Konferencia, Budapest, 2006. (Előadás összefoglalók: 48.o)*
7. Tóth Zoltán – Ludányi Lajos: **Új lehetőség a tudás szerveződésének vizsgálatában: a fenomenografikus elemzéssel kombinált tudástér-elmélet** *Pedagógiai Értékelési Konferencia Szeged, 2007. (Előadás összefoglalók: 75.o)*
8. Ludányi Lajos: **Horror Vacui** *VII. Országos Neveléstudományi Konferencia, Budapest, 2007. (Előadás összefoglalók: 75.o)*
9. Ludányi Lajos: **Didaktogén tévképzetek** *XXIII. Kémia tanári Konferencia, Budapest, 2008. (Előadás összefoglalók: 70-71. oldal)*

7.3. Az értekezéshez kapcsolódó poszterek:

1. Ludányi Lajos – Tóth Zoltán: **How do students define the concept of the atom** *8th ECRICE, Budapest, 2006. (Előadás összefoglalók: 151.o)*
2. Ludányi Lajos - Tóth Zoltán: **Kémiai fogalmak jelentésváltozásai a diákok gondolkodásában** *XXI. Kémia tanári Konferencia, Pécs, 2004. (Előadás-összefoglalók: 165. oldal)*
3. Ludányi Lajos- Tóth Zoltán: **Az atom fogalmának változása a tanulói definíciókban** *XXII. Kémia tanári Konferencia, Veszprém, 2006. (Előadás összefoglalók: 94.o)*
4. Tóth Zoltán – Ludányi Lajos: **Using phenomenography combined with knowledge space theory to study students' thinking patterns in defining an atom** *12th Biennial Conference for Research on Learning and Instruction, Budapest, 2007.*

7.4. Az értekezéshez nem kapcsolódó közlemények:

1. Tóth Zoltán – Ludányi Lajos: **A new 'challenge' in balancing redox equation** *Education in Chemistry, Vol. 43, Number 2 (March), 2006, p. 38.*
2. Ludányi Lajos: **Gondolatok a Sligo-projekt kapcsán** *Új Pedagógiai Szemle 2005. június 65-79.o*
3. Ludányi Lajos: **Tábla és kréta vagy PowerPoint?** *KöKéL 2007/2. szám 154-168.*
4. Ludányi Lajos: **A kőolaj és földgáz jelentősége**
In: *Informatikai eszközök a kémia oktatásában*, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest 2003.

A munkát 2003-2008 között az OTKA (T-034288 és T-049379) támogatta