



Ludányi Lajos

■ Gyöngyösi Berze Nagy János Gimnázium | dr.ludanyi.lajos@gmail.com

# Kémia tanítása tanári végzettség nélkül?

## Bevezetés

Ha kellő időt töltünk egy munkáját végző mesterembert figyelve, hamarosan megérlelődik bennünk a gondolat: „Ezt én is meg tudnám csinálni.” Minél nagyobb az időtartam, annál biztosabban érezzük azt a virtuális rutint, amelyre csupán a tanulmányozás révén tettünk szert. A tanári szakma fortélyainak elsajátítására szemlélőként és elszenvedőként – jó esetben – 12 évünk volt. Ilyen tekintélyes ideig nagyon kevés más szakmát tanulmányozhattunk életünk során, ezért gondolhatja bárki, aki az érettségén túljutott, hogy tud tanítani. Akár kémiát is...

A kémiatanárok számának drasztikus csökkenése miatt lehetővé vált, hogy a tantárgyat olyanok is oktathassák, akik pályájuk során sikeresen végeztek el valamilyen egyetemi kémiai kurzust. A kémia kurzus(ok) elvégzése az ahhoz szükséges önbizalmat is megadja, hogy az illető a megszerzett tudás révén maga is a tudás forrásává válhat. A tudásátadáshoz szükséges know-how-t pedig – ahogy korábban már említettem – az iskolai évei alatt látens módon mindenki elsajátította. A megszépítő emlékezet révén aztán rengeteg hasznos dolog juthat az ember eszébe arról, hogy miként is lehet megszerettetni, jobban tanítani, megértetni a kémiát. Érthetetlen, hogy ezek az ötletek eddig miért nem jutottak eszébe annak a több ezer, ebbe a problémakörbe beleőszült kutatónak, akik a kémia oktatásának jobbá tételén fáradoztak.

Az érzés hasonlatos a B kategóriás jogosítvány megszerzéséhez.

**1. ábra. A szenzomotoros korszakban a gyermek saját testének mozgásával kapcsolatos ismereteket szerez. A preoperációs korszak végére például azonosítani képes tárgyakat szimbólumaikkal. A konkrét műveleti szakaszban tisztában van a térfogatmegmaradással, míg a formális műveletek szakaszában képes elvont gondolatokat megfogalmazni**



hez. Ezt követően joggal érezhetjük azt, hogy kamiont is tudunk vezetni, mivel ugyanott vannak a kezelőszervek. A kamionvezetés találó hasonlat a kémia tanítására. Az oktatást szalompályához hasonlítva olyan, mintha ugyanazon pályán a többi tantárgy személyautóhoz képest mi egy kamionnal próbálnánk meg teljesíteni az íveket. Ha valaki képesítés nélküli tanár, akkor ő B kategóriás jogosítvánnyal próbálkozik. A kémia esetében pedig minden „bójaérintés” osztályonként 5–10 diákot távolít el a megértésétől. Vajon a „bójaérintések” mögött megbúvó kognitív érettséggel kapcsolatos problémákat, tévképzeteket, nyelvi értelmezési zavarokat ösztönösen ismeri minden olyasvalaki, aki szakmódszertani ismeretek nélkül kémiatanárnak áll?

Jelen írás pusztán zseblámpafényként szolgál, a kémiainkutatás problémahegyének egy darabkáját világítja meg. Arra figyelmezteti a tanársággal kacérkodókat, nehogy a Dunning–Kruger-effektus hatása alá kerüljenek, azaz annál pozitívabban ítéljék meg saját tudásukat és alkalmasságukat, minél kevésbé értenek az adott dologhoz.

## Kognitív érettség a kémia megértésére

Ha a „kémia tanítása” keresőszavakkal fotókat keresünk a neten, többségében olyan képekre lelünk, amelyeken boldogan mosolygó diákok és fiatal tanárok jelennek meg, akik laborasztalnál, fehér köpenyben, színes folyadékokat tartalmazó lombikok, kémcsövek közt látható élvezettel tevékenykednek. A képek, bár megrendezettek, a valóságot mutatják. A fiatal szó pedig jelentsen esetünkben megfelelően tág korszakot. A tanulók többsége imád kísérletezni. Az ugyanis kézzelfogható, érzékelhető, konkrét. A munkalapon szerepel, mit kell csinálni, az esetek többségében történik valami érdekes változás is, a feladat végrehajtása nem igényel különösebb szellemi erőfeszítést. Általános az a vélemény, hogy a kémia megszerettetése a kísérletezésen át történhet meg. Ez volt például az egyik indoka az Öveges-laborok építésének. A technikai feltételek lassan tíz éve adóttak, és mégsem növekszik a kémia iránt érdeklődők száma. A kísérletezés mindenhatóságába vetett hit egyfajta szent grálja a kémia oktatásának, minden tanár hisz benne, de senki nem látott róla bizonyítékot. Ha valóban ekkora hatással lenne, akkor a vegyiparis diákok mindegyike kémia szakos egyetemistává kellene hogy váljék. A valóságban a kedvelés-elutasítottság gyökere máshol rejtezik. A kémia a diákok számára akkor lesz ellenszenves, amikor a tananyagban megjelennek a kémiai részecskék, és a kémiai ismeretekből egyre nagyobb szeletet hasít ki az absztrakt gondolkodást igénylő rész. A kezdeti konkrétat, a kézzelfogható, az elképzelhető felváltja az elvont fogalmak garmadája, szokatlan nyelvezettel és még furcsább kódolással.



Hogy a kémiában 12 éves kor körül vezetjük be az atomszerkezetet, az atom, a molekula és az ion fogalmát, az részben Jean Piaget 1936-ban írt tanulmányának köszönhető.

Piaget szerint a gyermek gondolkodási fejlődése egymást követő és egymástól különböző állapotok mentén halad. A fejlődés minőségileg eltérő periódusokra tagolódik, amelyekben a gondolkodás szintje egyre magasabb fokozatot ér el. Az 1. ábra korszakhatárai körülbelüliek, nagyban függnek az illető gyermek személyiségétől. Napjainkra nyilvánvalóvá vált, hogy Piaget feltételezése ellenére nem minden diák éri el a formális műveletek szakaszát, gondolkodási fejlettsége megáll a konkrét műveletek szakaszában.

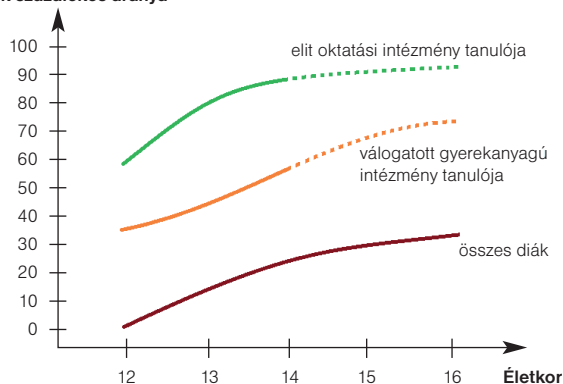
Kémiaoktatásunk számára pedig pontosan az utolsó két fejlődési szakasz érdekes. A konkrét műveletek szakaszába tartozó diák gondolkodási képességei közé tartozik például annak felismerése, hogy ha két azonos doboz üdítőt egyikét egy laposabb, a másikat egy karcsú pohárba töltjük ki, attól a két folyadék térfogata még ugyanaz marad; vagy annak ismerete, ha egy anyagot elporítunk, a tömege nem változik. Csupa olyan ismeret, amit az ember hétköznapi tapasztalatai során szerez meg. Erre rezonál, hogy miközben sikerrel boldogul a pár vagy a tucat fogalom számszerűségével, a mól már nem értelmezhető kategória számára. A formális szakaszban lévő gyermek számára nehéz megtanítani olyan fogalmakat, amelyek szemléletes, képi módon nem érzékeltethetők. Ezeket számára „kézzelfogható” tartalommal kell megtölteni. Előszeretettel alakít ki és használ algoritmusokat egy probléma megoldására anélkül, hogy tisztában lenne a probléma lényegével; például sikerrel tud rendezni egy kémiai egyenletet úgy, hogy a jelölések számára pusztán betűket és matematikai jeleket jelentenek.

A matematikai ismeretek szintje korrelál a formális szakaszba tartozással. A kémia formális műveleteit ugyanis – ahogy a matematika esetében – fizikailag nem érzékelhető entitásokon, gondolatban kell végrehajtani. Ilyen például egy reakcióegyenlet felírása is. Piaget szerint annak egyik ismérve, hogy valaki elérte-e a formális szakaszt, az, hogy tudja-e kezelni a törteket. Tapasztalat, hogy a konkrét szakaszba tartozó diákok számára nehézséget okoznak a hányadosképzéssel definiált fogalmak: sűrűség, molaritás. Ugyanígy nehézséget okoz két paraméter egyidejű változtatása, ami például akkor történik, ha a sűrűség értékét át kell váltani  $g/cm^3$ -ből  $kg/m^3$ -be. Nyilván még problémásabb a több változó kezelése, amikor egy rendezett reakcióegyenlet esetében a reaktánsok anyagmennyiségének megadásakor a meghatározó reagenst kell felismerni. Herron [1, 2] szerint a kémia egésze és az a fajta megközelítés, amit mi tanításunk során alkalmazunk, azt követeli meg, hogy a diák a formális szinten legyen, tudja alkalmazni a szint műveleteit, legyen képes felfogni az elé tárt fogalmakat. Egy diáknak az atomfogalom megjelenésekor a kognitív érettség olyan szintjén kell állnia, hogy képes legyen az atomok-molekulák-ionok világában otthonosan mozogni, a makroszkopikus világ történéseire a kémiai részecskék közt gondolatban lejátszott folyamatokkal magyarázatot találni, és ezt a magyarázatot egy speciális szimbólumrendszer, illetve terminus technicusok segítségével leírni.

Shayer és Adey [3] 1981-ben elvégzett felmérése szerint az átlagos populáció negyede képes csupán elérni ezt a szintet (2. ábra).

Ugyanakkor Shayer frissebb, 2006-os felméréseinek tapasztalata, hogy a 11–12 évesek kognitív és konceptuális képességei kéthárom évvel visszaestek ahhoz a szinthez képest, amit 15 évvel korábban mértek [4]. Ő ennek okaként (2006-ban!) az óvodai

A formális szinten lévő tanulók százalékos aránya



2. ábra. A konkrét szakaszba tartozó diákok aránya az életkor és az iskolatípus függvényében (1981. évi adat)

szakaszból hiányzó gyakorlati, műveltető játékok hiányát, a későbbi életkorban pedig a túlzott mértékű videójáték-használatot és a média hatását jelölte meg. 2003-ban két másik országban is végeztek méréseket a formális szakaszba tartozó diákok arányának meghatározására. A két vizsgálat eredménye szerint a 11–12 évesek 13,1%-a, a 14–17 éves korosztálynak pedig 14%-a érte el ezt a szintet.

Oktatásunkban ez a kognitív éretlenség nem látványos. A konkrét szinten lévő tanulók továbbra is „gyarapítják az ismereteiket”, képesek az egyszerűbb problémákat megoldani rengeteg adat bemagolásával, az eljárások memorizálásával, majd a változók helyére új adatok behelyettesítéssel. A tanárok tisztában vannak a megértés hiányosságaival, de belenyugszanak, átsiklanak fölötté, sőt mára már azt is sikerként könyvelik el, ha a diákok nem fordulnak el véglegesen a kémiától. Persze tudatában vannak annak, hogy a (valamit) tudás nem egyenlő a megértéssel.

### Mi a nehéz a kémiában?

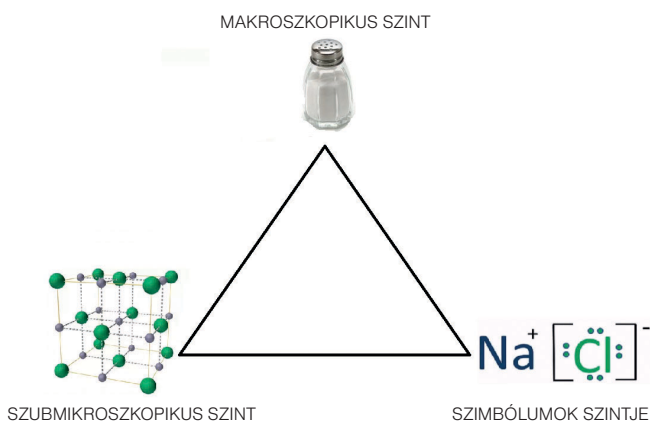
Sok kutatás foglalkozott már azzal, hogy melyek a nehéz témák a kémia megértésében [5–7]. Ezekben a vizsgálatokban a diákok, illetve a tanárok szubjektív ítéletére hagyatkoztak a nehézségi sorrend megállapításában. Az eredmények közül számunkra az első két év tapasztalatából adódóak az érdekesek. Az 1. táblázat a legnehezebbnek ítélt témaköröket mutatja.

1. táblázat. A kezdők által nehéznek minősített top 10 témakör kémiából [10]

Témakör	Azon diákok számaránya, akik nehéznek vagy nagyon nehéznek minősítik az adott témakört
Kémiai egyenletek	63,9%
Ionvegyületek	40,0%
Kovalens vegyületek	39,4%
Kovalens kötés	39,4%
Atomok	37,1%
Kémiai változások	35,9%
Rendszám-tömegszám	34,4%
Ionkötés	33,6%
Izotópok	31,1%
Elektronkonfiguráció	30,1%



Látható, hogy a problémák többsége az absztrakcióval, az elvont fogalmakkal végzett műveletekkel kapcsolatos. A legnehezebb témakörként megjelölt esetben például egyszerre a kémia három szintjén kell gondolkodnia a tanulónak ahhoz, hogy fel tudjon írni egy egyenletet. Ez a három szint a szemmel látható világ szintje (makro); egy modellrendszer, az atomok, molekulák, ionok szintje (szubmikro); valamint egy speciális jelölésrendszer (szimbólumok szintje). *Johnstone* [8] egy háromszög segítségével reprezentálta ezt (3. ábra). A három csúcson ugyanannak a fo-

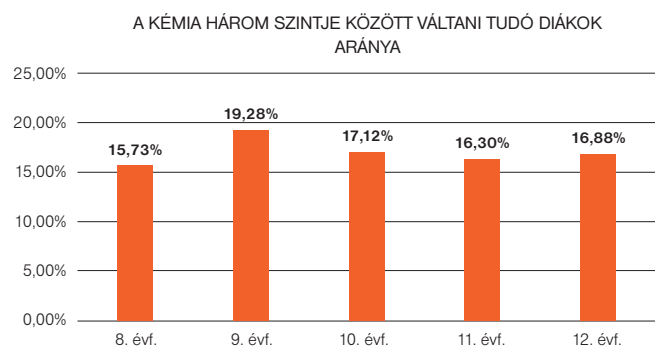


3. ábra. A Johnstone-háromszög lényege az asztali só példáján bemutatva

galomnak az egyes szinteknek megfelelő reprezentációi vannak. Mind a szubmikroszkopikus, mind a szimbólumok szintje absztrakt, csak a makroszkopikus szint az, ami konkrét. A kémiatudás lényege, hogy bármelyik csúcscról el tudunk jutni közvetlenül (mentálisan) egy másik csúcshoz, képesek vagyunk váltani az értelmezési szintek között.

A három szint közötti váltás teszi lehetővé, hogy például egy reakcióegyenlet láttán (szimbólumszint) modellezni tudjuk azt, hogy a kémiai részecskék szintjén (szubmikroszkopikus szint) mi történik, és ugyanakkor el tudjuk képzelni, hogy a reakcióegyenlet lejátszódásakor mit is fogunk tapasztalni a valóságban (makroszkopikus szint). Egy kémiában jártas személy számára természetes folyamat, hogy mindhárom szinten értelmezni tudja a folyamatokat, és folyamatosan váltani képes a három szint között. A kognitív érettség konkrét szintjén lévő diák viszont gyakorlatilag csak a makroszkopikus szint fogalomkészletével tud értelmezni jelenségeket. *Bodner és Domin* [9] kutatásának eredménye arra utal, hogy csak azok a diákok voltak sikeresek a kémiai problémák megoldásában, akik képesek voltak lefordíta-

4. ábra. Válogatott gyerekeket tanító gimnáziumban azoknak a diákoknak az aránya, akik képesek a kémia három szintje közti váltásra

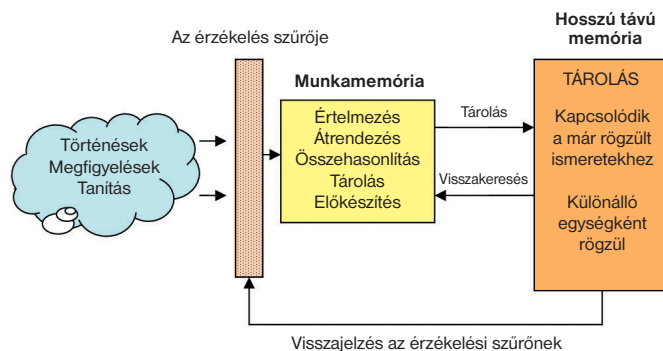


ni az adott problémát a kémia többi értelmezési szintjére is. Saját felmérésem [10] szerint évfolyamtól függetlenül a gimnáziumba járó diákok kb. 17%-a képes erre a váltásra (4. ábra).

Nyilván nem véletlen, hogy ez az érték hasonló, mint azoknak a diákoknak a számaránya, akik elérik a kognitív fejlettség formális szintjét.

*Mbajjorgu és Reid* [11] tapasztalata szerint egy „kezdőnek nagy probléma, hogy egy időben három szinten történik a megjelenítés, mivel ez információs túlterhelést okoz.”

A pszichológia tanulásra vonatkozó egyik modelljével szemléltetve (5. ábra) ez azt jelenti, hogy a munkamemóriába bekerülő új információkat manipulálni kell, és a tárat viszonylag gyorsan szükséges kiüríteni. A feldolgozott információt át kell vinni a hosszú távú memóriába, helyet adva az újabb információ beérkezésének. A hosszú távú memóriában az új ismeretet a már rögzült ismeretekhez kapcsolódhat, így bővül a kognitív struktúra.



5. ábra. A tanulási folyamat egyszerűsített információs modellje [12]

Ha nem sikerült értelmezni, akkor „bemagolás” révén különálló egységként rögzülhet. Ez utóbbihoz csak alig vezet útvonal, azaz problémamegoldáskor kétségessé válik az előhívhatósága.

A munkamemória a tanítási folyamat gyenge pontja. *Miller* [13] sokat idézett cikke szerint egy időben akár kilenc információs egységet is képes kezelni a munkamemória. *Sweller* [14] újabb mérései szerint viszont „bármely időpillanatban mindössze 2–4 elemet vagyunk képesek feldolgozni, de a tényleges szám valószínűleg inkább a skála alacsonyabb végénél van.”

A munkamemóriában végzett műveletek sebességét kémiaórán nagyban csökkenti a „kognitív éretlenség”, a matematikai-logikai képességek hiánya, az információmanipulálás gyengesége (értelmezés, átrendezés, összehasonlítás stb.), a tudományos nyelvhasználat, a diákok előzetes – tudományosan helytelen – elképzelései (tévképzetek). Így a csökkentett óraszám miatt feszített tempójú, ppt-vel súlyosbított órán a diákra zúduló rengeteg információ a munkamemóriában túlcsoordulást okoz. A diák egy idő múlva semmilyen ismeretet nem fogad be, aktív résztvevőből elszenvetővé válik.

### Az atom fogalmának problematikája

A kémia egyik legfontosabb alapfogalma a negyedik a nehezen értelmezhető témakörök, fogalmak sorában. Sok diák hisz abban, hogy a tudósok képesek (klasszikus optikai módszerekkel) láttatni az atomot, és azok a rajzok, modellek, amelyeket a tankönyvek tartalmaznak, valójában nagyított fotók az atomról [15]. A konkrét szinten lévő diákok többsége nem rendelkezik azzal az absztrakciós készséggel, hogy a szimbólumokat mentális modellekké dolgozza át, ezért formai, alaki megfelelést keresnek a tu-



domány által használt szimbólum- és modellrendszer és az azoknak megfelelő kémiai fogalmak között. Valóságosnak, pálcikaszerűnek képzelik a kémiai kötések is [16].

Az atomokkal kapcsolatos értelmezési problémák okait vizsgálva két markáns csoport különböztethető meg [17]:

- A tanuló a köznapi tapasztalataiból kiindulva nem képes elvonatkoztatni attól, hogy egy anyag makroszintű tulajdonságai nem vihetők át az illető anyag kémiai részecskéire. Ilyen hibás elképzelés, hogy az atomok színe a makroszintű halmazuk színével egyezik meg; melegítés hatására a vas atomjai kitágulnak, míg a foszfor atomjai ugyanekkor megolvadnak [18]. A diákokban a keménység fogalma a szilárd anyagokhoz kötődik, így átörökítik a tulajdonságokat, ezért lesznek a fémek atomjai kemények, míg a puha, folyékony anyagok atomjai lágyak [19]. Ezeket a tévképzeteket nemcsak a kémiaoktatásba belépő gyerekek esetén, hanem az egyetemi kurzusok hallgatói és a gyakorló tanárok felfogásában is kimutatták [20].
- A másik csoportba tartozó diákoknál a probléma magával az atom felépülésével, jellemzőivel kapcsolatos. Ilyen elképzelés, hogy a héj fogalma valamiféle védelmező burkot jelent a köznapi életben, ezért aztán az elektronhéj lesz az, ami megvédi az atomot a külső hatásoktól. A köznapi szóhasználatban a felhő – a diákok előzetes mentális modellje szerint – a klasszikus égbolton megtalálható felhőt jelenti. Ezért sok diák úgy képzei el, hogy az elektronfelhő valójában egy felhőszerű anyag, amelybe beleágyazódnak és vajatot vágnak az elektronhéjakon mozgó elektronok [19].

Érdekesnek, esetenként szórakoztatónak tűnnek ezek az elképzelések; az a gond velük, hogy gátolják a további megértést. Egy torz atomfogalom csak még torzabb kovalens kötet és torz ionkötést eredményez. Ahogy ez a nehézségi listából is látszik. A tévképzetek egy része a diákok előzetes tudásából származik, de kimutatható, hogy nem kellően felkészült tanárok is rengeteg tévképzet kialakulásáért felelősek [20].

## Összegzés

A kémia a legnehezebb tantárgy, bár „nehézsége nem annyira a tantárgy belső természetében, mint inkább az emberi tanulás folyamatában rejlik” [8]. A tanulási folyamat irányítója pedig a tanár, rá hárul a felelősség. A cikkben felsorolt problémák a más természettudományos tárgyat tanító pedagógusok számára jó részt ismeretlenek. Ők valószínűleg azzal sincsenek tisztában, hogy a saját, kémiát érintő kognitív struktúrájuk is tévképzetekkel terhelt. Ha olyasvalakire hárul a kémia tanítása, aki csak elszenvetve a kémiát iskolás éve alatt, a cikkben felsorolt okok miatt,

és egészen más szakos tanár lett – nos, ő egészen komoly károkat okozhat az első két év során a tanulók kémiatudásában és kémia iránti attitűdjében. Nehéz elképzelni, hogy valaki ösztönösen elkerül minden olyan buktatót, amelynek felismerésére egy kémia szakos tanárt több szemeszteren át képeznek ki. Ne legyen hiú ábrándunk, a kémia oktatása professzionalizmust igényel. ●●●

**Köszönetnyilvánítás.** Köszönetemet fejezem ki a Debreceni Egyetem Neveléstudományi Tanszékének, hogy intézményi támogatást nyújtanak kutatótanári munkámhoz.

## IRODALOM

- [1] Herron, J. D.: Piaget for Chemists. *Journal of Chemical Education* (1975) 52(3), 146–150.
- [2] Herron, J. D.: Piaget in the Classroom. *Journal of Chemical Education* (1978) 55(3), 165–170.
- [3] \*Shayer M., Adey P.: *Towards a science of science teaching*. London, Heinemann, 1981. Idézi: Sheehan (2010).
- [4] Crace, J.: ‘Children are less able than they used to be’ (2006). *The Guardian*, 24/1/06. Elérhető: [shorturl.at/gBG05](http://shorturl.at/gBG05) (A honlapok utolsó megtekintése: 2021. november 15.).
- [5] \*Bojezek, M.: *Topic Difficulties in O and A level Chemistry*. *School Science Review* (1982) 63(224), 545–551. Idézi: Sheehan (2010).
- [6] \*Ratcliffe, M.: *What’s Difficult about A-Level Chemistry*. *Education in Chemistry* (2002) 39(3), 76–80. Idézi: Sheehan (2010).
- [7] Sheehan, M.: *Identification of difficult topics in the teaching and learning of Chemistry in Irish schools and the development of an intervention programme to target some of these difficulties*. Doctoral thesis. (2010) – Elérhető: [shorturl.at/loDU6](http://shorturl.at/loDU6).
- [8] Johnstone, A. H.: *Chemical Education Research: Where from Here?* *University Chemistry Education* (2000) 4(1), 34–38.
- [9] Bodner, G.; Domin, D.: *Mental models: The role of representations in problem solving in chemistry*. *International Council for Association in Science Education, Summer Symposium* (1998). Idézi: Nahum, L. T.; Hofstein, A.; Mamlok-Naaman, R.; Bar-Dov, Z.: *Can Final Examinations Amplify Students’ Misconceptions in Chemistry?* *Chemistry Education: Research and Practice in Europe* 2004, vol. 5, No. 3, 301–325.
- [10] Ludányi L.: *A tanulók kémiai fogalomrendszerének vizsgálata válaszdímméréssel*. In: Kaposi J.–Szőke-Milinte E. (szerk.) *Pedagógiai változások – a változás pedagógiája*. Bp., Pázmány Péter Katolikus Egyetem, 2019. 442–460.
- [11] Mbajirgu N., Reid N.: *Factors Influencing Curriculum Development in Chemistry* (2006). Elérhető: [shorturl.at/rBMRU](http://shorturl.at/rBMRU).
- [12] Johnstone, A. H.: ‘...And some fell on good ground’. *University Chemistry Education* (1997) 1, September 8–13.
- [13] Miller, G. A.: *The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information*” *Psychological Review*. (1956) 63(2), 81–97. Elérhető: [shorturl.at/brFH6](http://shorturl.at/brFH6).
- [14] \*Sweller John: *Instructional Design in Technical Areas*. Camberwell, Australia, Australian Council for Education Research (1994) 4. Idézi: Nicholas Carr: *Hogyan változtatja meg agyunkat az internet?* Bp., HVG Kiadó, 2014.
- [15] Taber, K. S.: *Chemical Misconceptions: Prevention, Diagnosis and Cure*. Vol 1: *Theoretical Background*. London, Royal Society of Chemistry, 2002.
- [16] Butts, B., Smith, R.: *HSC Chemistry Students’ Understanding of the Structure and Properties of Molecular and Ionic Compounds*. *Research in Science Education* (1987) 17, 192–201.
- [17] Papageorgiu G., Markos A., Zarkadis N.: *Understanding the atom and relevant misconceptions: Students’ profiles in relation to three cognitive variables*. *Science Education International* (2016) 27/4, 464–488.
- [18] Andersson, B.: *Pupils’ conceptions of matter and its transformations*. *Studies in Science Education* (1990) 18, 53–85.
- [19] Harrison, A. G.; Treagus, D. E.: *Secondary students’ mental models of atoms and molecules: implications for teaching chemistry*. *Science Education* (1996) 80(5), 509–534.
- [20] Kikas, E.: *Teachers’ conceptions and misconceptions concerning three natural phenomena*. *Journal of Research in Science Teaching* (2004) 41(5), 432–448.

## A Kispesti Puskás Ferenc Általános Iskola fotói a 2022 márciusában tiltakozó pedagógusokról

