

<https://doi.org/10.36007/4966.2024.37>

## RENDAHAGYÓ KÉMIA ÓRÁK HATÁSA 7. OSZTÁLYOS DIÁKOK KOGNITÍV STRUKTURÁJÁRA

KOVÁCS Mihály<sup>1</sup>  
MURÁNYI Zoltán<sup>2</sup>

### Abstract

*Our research was about the impact on knowledge structure of the special chemical lessons of the Astronomical Museum and Camera Obscura. This question is actual for us because we have started the revision of the lessons, but the results can be interesting for other museums and experimental performers.*

*Three groups of our participants, all of them were 7th graders, have filled out two tests with word associations: the first before the special lesson and the second one week later. The tests were evaluated with the Garskof-Houston formula. The most frequent associations were also determined. We have found that our lessons might have caused some positive effects on the knowledge structure of the students, mainly about the understanding of burning.*

### Keywords

*experiments, chemistry, knowledge structure, word association, word frequency, special lessons*

### BEVEZETŐ

Az Egri Csillagvizsgáló és Tudományos Élményközpont kínálatában többféle rendhagyó óra szerepel, ezek közül néhány a kémiához kapcsolódik. Kíváncsiak voltunk, hogy az óráknak milyen hatása van a diákok tudására, mennyire hatékonyak e téren előadásaink. Vizsgálatainknak számunkra aktualitást ad, hogy épp folyamatban van a kínálatunk felülvizsgálata és új órák kidolgozása, amihez eredményeink hasznos segítséget nyújthatnak.

A tudás meghatározására többféle klasszikus definíció létezik. Az egyik klasszikus elmélet deklaratív és procedurális tudást különböztet meg. Az előbbi a mondatokban kifejezhető tartalmakat jelenti, nevezhetjük információnak is, az utóbbi pedig olyan ügyességeket, amik tudatos kontroll nélkül is működnek, ezeket készségeknak is hívhatjuk. A gyakorlati életben a legtöbb feladat végrehajtásához általában a kettőre egyszerre van szükség, az ilyen komplex tudásokat hívjuk kompetenciának [1].

A procedurális tudás egy másik lehetséges meghatározása szerint az arról való tudás, hogy hogyan használjuk fel a deklaratív tudásunk elemeit. Ez a meghatározás egyébként hasonlít az előzőekben komplex tudásként meghatározott fogalomhoz. Akárhogyan is definiáljuk azonban, sokszor a már automatikussá vált cselekvések során nem is tudatosítjuk, hogy pontosan milyen ismereteket használtunk fel. Ez és bizonyos filozófiai kérdések kisebb problémát okoznak a fenti definíciók kapcsán, de ezek részletezése túlmutat cikkünk keretein [2].

---

<sup>1</sup> Kovács Mihály, tudományos segédmunkatárs, Eszterházy Károly Katolikus Egyetem Csillagvizsgáló és Tudományos Élményközpont, kovacs2.mihaly@uni-eszterhazy.hu

<sup>2</sup> Dr. Murányi Zoltán, főiskolai tanár, igazgató, Eszterházy Károly Katolikus Egyetem Csillagvizsgáló és Tudományos Élményközpont, muranyi.zoltan@uni-eszterhazy.hu

Mindkét meghatározásban közös azonban, hogy az egyes tudás elemekből többet használunk egyszerre a problémamegoldások során, azokat komplex rendszerekbe szervezve. A hosszú távú memóriában található fogalmak közti kapcsolatrendszeret nevezzük kognitív struktúrának. Ennek feltárásának egyik lehetséges módja a szóasszociációs teszt [3].

A szóasszociációs teszt csoportok tudásszerkezetének feltárására is alkalmas, illetve használatának vannak Magyarországi hagyományai is, [4] így emellett a módszer mellett döntöttünk. Ennek a mérési módszernek az előnye, hogy online is elvégezhető [5], így hosszútávú hatást tudunk vizsgálni. Hátránya, hogy nem feltétlen derül ki – mivel csak asszociációkat vizsgálunk –, hogy érti-e a beírt szót a kitöltő, vagy csak bevillan egyik szó alapján a másik [Stewartot idézi Nagy, akit idéz [2]]. Mégis ezt választottuk, mivel nem pusztán tudáselemek meglétére kérdez rá, de alkalmas lehet naiv elméletek azonosítására is [4].

A szóasszociációs tesztek során 5-10 hívószóról vesszük fel egyesével a résztvevők asszociációit úgy, hogy minden újabb szó új sorba kerüljön. A válaszok számára lehetséges időbeli és/vagy asszociációk száma szerinti korlátozás is. Az asszociációs láncok megszakítására különböző megoldások lehetségesek, az egyik lehetőség, hogy minden sor elejére újra odaírjuk a hívószót, de segíthet az is, ha a különböző hívószavak közt valami kizökkenítő tartalmat mutatunk a kitöltőknek [2]. Ezek közül mi egyiket sem alkalmaztuk.

A teszt kiértékeléséhez a Garskof-Houston formulát használtuk  $p = 1$  választással [6 és 4], mivel több számolási módszerrel összevetve a legjobb eredményeket produkálta Cardellini kutatásaiban [7]. A számítás részletes menete ezekben a szakirodalmakban megtalálható, mi egy saját fejlesztésű Python scripttel a számolásokat automatizáltuk, a programot többféle adattal teszteltük az eredményeket összevetve a kézi számolás eredményeivel.

A Garskof-Houston formula segítségével két hívószó kapcsolati együttthatóját határozhatjuk meg, azaz azt, hogy milyen erős a kapcsolat a két szó között a résztvevő kognitív struktúrájában. A szópárokhoz tartozó kapcsolati együttthatókat átlagolva jellemezhető egy csoportnak egyfajta közös tudásszerkezete. Azokat négyzetes mátrixba rendezhetjük oly módon, hogy az egyes hívószavaknak feleltetjük meg a sorokat és az oszlopokat. Minimum kapcsolati erősségek meghatározásával a mátrix segítségével felrajzolhatunk gráfokat is úgy, hogy a gráfhoz tartozó csúcsmátrix az lesz, ahol a minimumnál nagyobb értékeket 1-nek, míg a többi 0-nak tekintjük. Sójáné és Tóth az alábbi sávokkal dolgozott kutatása során: [8]

- 0,05 – 0,09 gyenge kapcsolat
- 0,10 – 0,19 közepesen erős kapcsolat
- 0,2 – erős kapcsolat

Ezekre a határookra így mi is figyeltünk, de időnként újabbakat is be kellett vezetnünk.

## A VIZSGÁLATOK MENETE

Vizsgálataink során minden osztállyal két tesztet vettünk fel. Az elsőt a rendhagyó óra előtti napon küldtük ki, az időpecsétékből láthattuk, hogy legkésőbb aznap reggelről való válaszok voltak. Ezután részt vettek a foglalkozáson. Azért, hogy a különböző rendhagyó órákon résztvevő diákok asszociációi összevethetőek legyenek, néhány kísérletet rögzítettünk, azok minden alkalommal bemutatásra kerültek. Az óra után nagyjából egy héttel volt az utótesztet. A célunk az volt, hogy valóban a hosszú távú memóriában bekövetkező változásokat mérjük, hiszen ennyi idő alatt a rövid távú memória emlékei bőven törölődnek.

A tesztben hét hívószó szerepelt: égés, oxigén, egyesülés, bomlik, reakciósebesség, katalizál, és a koncentráció. Azoknak a kísérleteknek a kiválasztásánál, amelyek minden csoport számára bemutatásra kerültek, ügyeltünk arra, hogy elméleti háttérük összessége mindegyik fogalmat lefedje. A tesztet egy online kérdőív rendszeren keresztül töltötték ki a diákok teljesen anonim módon. Minden hívószót egy percig mutatott a gép, utána mentette a válaszokat, majd

továblépett. A diák még az egy perc lejárta előtt kérhette a következő szót, de hosszabb időt semmiképpen nem engedélyezett számára a rendszer. A hívószavakon kívül az utótesztben rákérdeztünk arra is, hogy melyik kísérletekre emlékeznek egy hét távlatából is a magyarázatával együtt. Ez esetben kértük, hogy a magyarázatot is írják le. Amennyiben nem emlékeznek magyarázatokra, írjanak le néhány emlékezetes kísérletet csak felsorolásszerűen. Ennek a jövőbeli bemutatók kidolgozása szempontjából volt jelentősége, így megismerhetjük melyek működnek különösen hatékonyan.

Ezután következett a kódolás, mivel sok diák írt akár mondatokat válasznak, hiába kértük, hogy szavakat, esetleg szókapcsolatokat írjanak csak. A kódolás során a mondatok kulcs szavait, szókapcsolatait emeltük ki és a szavak toldalékolását egyeztettük, amennyiben indokolt volt. A kódolás után elvégeztük a számításokat, valamint meghatároztuk a leggyakoribb asszociációkat, ábráztuk gráfként is az eredményeket. Az elemzések során csak azokat a diákokat vettük figyelembe, akik legfeljebb egy választ hagytak ki. Ennek oka, hogy az utótesztet kitöltők közt relatíve sokan küldtek teljes választ, így az erősen hiányos előtesztek durván torzították volna az eredményeket. A leggyakoribb közös szavak vizsgálata azért hasznos, mert mint látjuk, segít majd feltárni a kapcsolat jellegét, ami néha csak annyi volt, hogy tudták a diákok, hogy kémia-ból már előkerült a fogalom. A vizsgálatok során tehát tulajdonképpen követtük Czékmán és mtsai [5] által megadott menetet kiegészítve annyival, hogy elő- és utótesztet végezhesünk.

A rendhagyó órákra tizenkét kísérletet választottunk ki, amik biztosan bemutatásra kerülnek magyarázattal együtt. A folyékony nitrogénes kísérletek közül a tetrakloro-kobaltát oldat színváltozása hűtés hatására, lufi fújás a forrás során keletkező nitrogén gázzal, a folyékony nitrogénes szökőkút kísérlet és a lufi, vagy éppen zöldség fagyasztása. Kiválasztottunk egy órareakciót, konkrétan az Old Nassaut is.

A hidrogén-peroxidos kísérletek közül az elefánt-fogkrém és a dzsinn a palackban fantázia-nevűt választottuk. Az elefánt-fogkrém készítése során kálium-jodid segítségével katalizáljuk a hidrogén-peroxid bomlását, ami hirtelen nagy mennyiségű habot képez a hozzákevert mosogatószerből. A dzsint a palackban kísérletben pedig kálium-permanganáttal katalizáljuk a bomlást, miközben a palackból nagy mennyiségű gőz tör elő. Bemutatásra került a tűzgyújtás mangán(VII)-oxid, valamint az alkohol égése különböző körülmények közt. Első esetben porcelán tálkában meggyújtva a folyadék felszínét, majd lombik falára vékony filmként készített alkohol-víz elegy égéseként, végül egy ballonban meggyújtva az alkohol gőzét. Bunsen égő segítségével összehasonlításra került minden alkalommal a tökéletes és a tökéletlen égés, majd a lángba permetezett sóoldatokkal a lángfestés.

Kiválasztásra került még a színes poharak kísérlet, amiben különböző módon preparált főzőpohársorozat első tagjába vizet töltünk, majd azt áttöltögetve rendre a következő főzőpohárba hol valamilyen színt kapunk, hol elszíntelenítjük az oldatot. Ennek során csak az első néhány pohár magyarázata hangzik el, amikben rendre fenoltalein, néhány szemcsényi nátrium-hidroxid és pár csepp tömény kénsav van. Minden alkalom zárásaként hidrogénnel töltött lufi meggyújtása szerepelt.

## **EREDMÉNYEK**

A kutatásban két megyeszékhely egy-egy gimnáziumának 7. osztályos diákjai vettek részt három rendhagyó órán. Egyik gimnáziumból óra előtt 16 fő adott válaszokat, míg óra után 6 fő. A másiktól óra előtt 48 fő, óra után pedig 17 fő. A teljes mintába így óra előtt 64 teszt tartozott, míg óra után 23 teszt. A rendhagyó óra előtti korrelációs együtthatókat az

1. **táblázat**, míg az óra utáni együttthatókat a
2. **táblázat** tartalmazza.

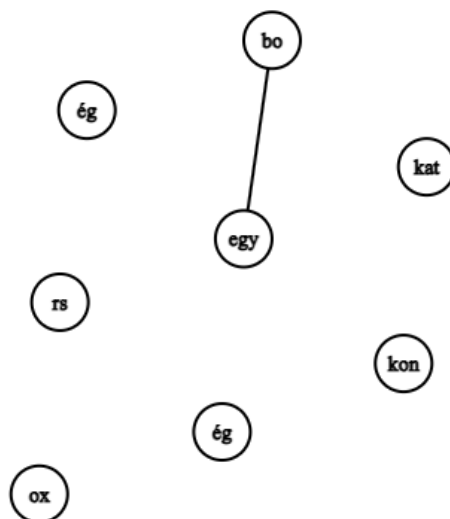
1. táblázat A korrelációs együtthatók átlaga a rendhagyó óra előtt

	<i>oxigén</i>	<i>egyesülés</i>	<i>bomlik</i>	<i>reakciósebes- ség</i>	<i>katalizál</i>	<i>koncentráció</i>	<i>égés</i>
<i>oxigén</i>		0,012	0,010	0,001	0,010	0,001	0,013
<i>egyesülés</i>	0,012		0,062	0,008	0,028	0,005	0,008
<i>bomlik</i>	0,010	0,062		0,005	0,019	0,005	0,008
<i>reakciósebes- ség</i>	0,001	0,008	0,005		0,009	0,005	0,004
<i>katalizál</i>	0,010	0,028	0,019	0,009		0,005	0,004
<i>koncentráció</i>	0,001	0,005	0,005	0,005	0,005		0,004
<i>égés</i>	0,013	0,008	0,008	0,004	0,004	0,004	

2. táblázat A korrelációs együtthatók átlaga a rendhagyó órák után

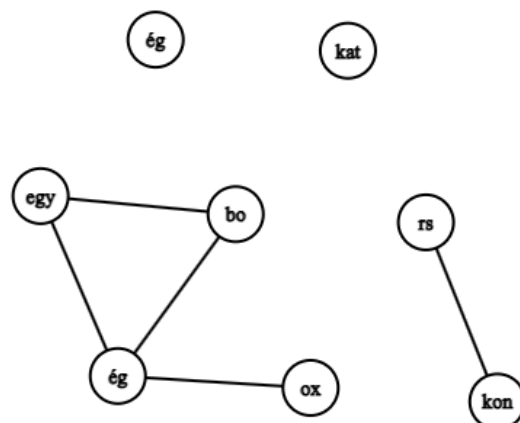
	<i>oxigén</i>	<i>egyesülés</i>	<i>bomlik</i>	<i>reakciósebes- ség</i>	<i>katalizál</i>	<i>koncentráció</i>	<i>égés</i>
<i>oxigén</i>		0,009	0,011	0,009	0,009	0,009	0,047
<i>egyesülés</i>	0,009		0,045	0,013	0,024	0,013	0,032
<i>bomlik</i>	0,011	0,045		0,013	0,024	0,027	0,032
<i>reakciósebes- ség</i>	0,009	0,013	0,013		0,024	0,038	0,021
<i>katalizál</i>	0,009	0,024	0,024	0,024		0,024	0,012
<i>koncentráció</i>	0,009	0,013	0,027	0,038	0,024		0,026
<i>égés</i>	0,047	0,032	0,032	0,021	0,012	0,026	

Sósné és Tóth [8] által használt skála minimum értékét, azaz a 0,05-öt meghaladó kapcsolati erősséget csak az óra előtti (bomlik, egyesülés) pár kapcsán figyelhettünk meg, de az óra után az égés és az oxigén közt is 0,047 lett az átlag. Mivel több helyen is megfigyelhető 0,01 alól 0,03 fölé való erősödés, ezért ezzel a minimummal ábrázoljuk az előtte és utána állapotokat, lásd a rendhagyó óra előtt az 1. ábra, míg utána a 2. ábra.



1. ábra Gráf a rendhagyó óra előtt

(ég=égés, bo=bomlik, kat=katalizál, egy=egyesülés, kon=koncentráció, ox=oxigén, rs=reakciósebesség)



2. ábra Gráf a rendhagyó óra után

(ég=égés, bo=bomlik, kat=katalizál, egy=egyesülés, kon=koncentráció, ox=oxigén, rs=reakciósebesség)

Meghatároztuk minden hívószóra a három leggyakoribb asszociációt is mind a rendhagyó óra előtt [3. táblázat], mind utána [4. táblázat]. Az összevont cellák az azonos számú említést jelentik, míg az egyből több szókapcsolatot arra használtuk, hogy a mondatszerűen, vagy kifejezésként leírt definíciót kódoljuk. Ez utóbbi a rendhagyó óra után található a bomlik hívószó kapcsán.

3. táblázat Leggyakoribb asszociációk a rendhagyó óra előtt

Bomlik	Égés	Egyesülés	Katalizál	Koncentráció	Oxigén	Reakciósebesség
kémia	tűz	kémia	katalizátor	figyelem	levegő	gyorsaság
bomlás	meleg	kémiai reakció	kémia	odafigyelés	élet	reflex
szétesik	láng	bomlás	reakciósebesség	összpontosítás	víz	idő

Kiemelendő, hogy a rendhagyó óra előtt is és után is a bomlik és az egyesülés hívószavakra adott leggyakoribb válasz a kémia volt. A fenti gráfokban ezek közt a hívószavak közt volt a legerősebb a kapcsolat, bár a rendhagyó óra után valamelyest gyengült.

4. táblázat Leggyakoribb asszociációk a rendhagyó óra után

Bomlik	Égés	Egyesülés	Katalizál	Koncentráció	Oxigén	Reakciósebesség
kémia	tűz	kémia	katalizátor	figyelem	levegő	gyors és gyorsaság
szétválás	oxidáció	reakció	reakciósebesség	oldat és kémia	élet	reflex
egyből több	láng	kötés	és kémia		égés	

Az égés és az oxigén kapcsolata erősödött még meg az óra után, itt viszont az égés kapcsán második leggyakoribb asszociációként az oxidáció jelent meg, míg az oxigén kapcsán maga az égés. Az abszolút említések száma ugyanakkor csökkent mindkét esetben, óra előtt az oxidációt 8-szor, míg óra után 7-szer említették, az égést óra előtt 7-szer, míg óra után 5-ször említették,

de közben a válaszadók száma is 64-ről 23-ra olvadt, így az említési gyakoriság nőtt az előbbi esetben 12,5%-ról 30,4%-ra, míg az utóbbiban 10,9%-ról 21,7%-ra.

A kísérletek közül a legtöbben a hidrogénnel töltött lufi robbantását említették, összesen heten a huszonnégyből. Ketten is héliumosnak gondolták a lufit, magyarázatot hárman adtak, ebből ketten jót, egyvalaki viszont közülük úgy gondolta, hogy héliummal töltöttek a léggömböt. Négy említést kaptak a színes poharak, hárman is emlékeztek arra, hogy sav-bázis indikátorok is szerepelnek a reakcióban. Három említést kapott a magnézium-szalag égése, mindhárman helyes magyarázatot adtak. Két említést kaptak a folyékony nitrogén heves forrására alapuló kísérletek, egyet a szökőkút, egyet a ledugózott palack kilövése, magyarázatot csak a szökőkutat említő diák adott. Egy-egy említést kaptak a hidrogénes rakéta, a narancsolajjal kipukkasztott lufi, a lángfestés és a vulkán kísérlet.

## DISZKUSSZIÓ

A rendhagyó órák előtti tesztek eredményei azt mutatták, hogy a hívószavak diszjunkt módon vannak jelen, nincs köztük igazán kapcsolat. Egyetlenegy szópár esetén volt a kapcsolati együtthatók átlaga magasabb, mint 0,05, de a kapcsolatot jelentő legfontosabb szó ez esetben is a kémia volt. Azaz feltételezhetően tudták a diákok, hogy ebből a tárgyból ezek a fogalmak már előkerültek valamilyen módon. Ezen kívül nem volt még olyan szópár, amik közt a kapcsolati együttható nagyobb lett volna akár 0,022-nél, azaz a rendhagyó óra utáni együtthatók átlagánál.

A rendhagyó órák után 0,03 fölé erősödött még 0,01 alól az égés és az egyesülés, az égés és a bomlás, illetve a koncentráció és a reakciósebesség kapcsolata. Ezek azonban még mindig olyan kis értékek, hogy egyedi kapcsolódások okozták. A reakciósebesség és a katalizál esetén a szó szintű egyezést a kémia jelentette, de volt olyan diák is, akinél a reakciósebesség előkerült asszociációként a katalizálra. Ezen túlmenően többször előkerült a reakciósebesség kapcsán, hogy gyors, míg a katalizálra, hogy gyorsít, azonban a képlet jellegéből fakadóan ezek 0 kapcsolati együtthatót eredményeztek. Ennek kapcsán felvetődhet, hogy érdemes lehet egy szófajra alakítani a szavakat a kódolás során, mivel nem jelenik meg az eredményben így egy egyébként létező kapcsolat. Ugyanakkor ezzel van nehézség is, mert több diák beírta a hívószavak más képzős alakját, így ez esetben ennek a helyzetnek a kezelését kell megoldani.

Azt tapasztaltuk tehát, hogy a rendhagyó óra után egy héttel mért kapcsolati együtthatók átlaga magasabb volt a korábinál. Különösen nagyot erősödött az égés és az oxigén kapcsolata, kishíján elérte a Sójáné és Tóth [8] által használt minimális 0,05 értéket, 0,047 lett. Ezt ráadásul úgy érte el, hogy a három leggyakoribb asszociáció közé bekerültek olyan kulcsszavak, mint az égés kapcsán az oxidáció, vagy az oxigén kapcsán maga az égés. Mivel a leggyakrabban említett kísérlet a hidrogénnel töltött lufi robbantása volt, feltételezhető, hogy ez a kísérlet sokat segített a diákoknak az égés és az oxigén kapcsolatának erősítésében, megjegyezve azt is, hogy az előzetesen kiválasztott egyéb égéssel kapcsolatos kísérletek nem kaptak említést, kivéve talán a lángfestést, ami mellett szoktuk bemutatni a tökéletes és a tökéletlen égés közti különbséget. Emellett még előkerült a magnézium-szalag égése, amit többen írtak, mint a lángfestést, ráadásul helyes magyarázattal, és a hidrogénes rakéta is, ami a durranógázzal töltött alumínium doboz kilövését jelenti. Ezt a kísérletet viszont nem választottuk be azok közé, amiket mindenképp bemutatunk.

Az általunk választott kísérletek közül egyébként viszonylag kevés került említésre, többször csak a lufirobbantás és a színes poharak. A folyékony nitrogén még népszerűnek bizonyult, de ott a többség más-más kísérletet írt. A magnézium-szalag égését viszont többen írták, mint a legtöbb általunk előre rögzítettet. Meglepő, hogy sem az Old Nassau, sem az alkohol égetése különböző körülmények között egyetlen említést sem kapott, pedig a bemutatók során mindig



megdöbbenést okoznak, de ezek szerint vagy nem maradtak meg olyan jól a résztvevők hosszútávú memóriájában, mint a többi, vagy azok jegyezték meg, akik magyarázatot is írtak a kísérletekhez. A teszt során ugyanis azoktól a diákoktól, akik emlékeztek magyarázatra is, csak egy kísérlet leírását kértük.

Az is láthatóvá vált a magyarázatok kapcsán, hogy pusztán egy találkozás ezekkel a folyamatokkal még kevés, hiszen két diák is héliumos lufira emlékezett és a hélium égéséről írt magyarázatként. Megjegyzendő, hogy a kísérlet megszokott felvezetése az, hogy teszteljük, hogy a lufiban hélium van-e, vagy hidrogén. Ha ég, akkor hidrogén. Elképzelhető, hogy ez okozta a zavart, de az sem zárható ki, hogy pusztán a megszokás, a hétköznapi tapasztalat. A kereskedelemben kaphatók közül ugyanis amelyik lufi felfelé száll, az héliummal van töltve.

### A KUTATÁS KORLÁTJAI

A kutatás legfontosabb korlátja, hogy az utótesztet mindössze 23 résztvevő töltötte ki. A 64 fő is elég kis mintának számít ahhoz képest, hogy egy foglalkozáson 30-40 diák van jelen, de a 23 az nincs meg egy csoportnyi sem, és így nagyon nagy volt a lemorzsolódás. Pontosabb eredményekhez mindenképp növelni kell még a résztvevők számát. Átgondolandó az is, hogy esetleg sok volt a hét fogalom ennek a korosztálynak, mivel a kitöltést megkezdők száma ennél sokkal magasabb volt, az óra utáni tesztet például 52-en kezdték el kitölteni, de aztán különböző kérdésszám után abbahagyták, ami azt jelenti, hogy a tesztet megkezdők több mint fele elvesztette a motivációját a kitöltés során.

### BEFEJEZÉS

Az eredményeink abba az irányba mutatnak, hogy a rendhagyó kémia óráink hosszú távú hatással bírhatnak a diákok kognitív struktúrájára. Az égés és az oxigén kapcsolatában az óra után egy héttel jelentős erősödést tapasztaltunk úgy, hogy a diákok jelentős része visszaemlékezett a hidrogénes lufi robbantására, vagy a magnézium szalag égésére annak magyarázatával együtt. Az égésre adott leggyakoribb asszociációk közt pedig megjelent az oxidáció, az oxigénnél pedig az égés. Eredményeinket azonban erősen korlátozza az a tény, hogy különösen az óra után kevés teljesen kitöltött tesztet kaptunk, így a mintánkat bővíteni szeretnénk majd, illetve más életkorú diákokkal kapcsolatos kutatásokat is végeznénk. Érdeemes lehet újra gondolni a rögzített kísérleteket is és azokat akár beemlíteni a folytatásba, amiket az eddigiek során a diákok említettek.

### Irodalomjegyzék

- [1] FALUS Iván, SZŰCS Ida, szerk. *A didaktika kézikönyve*. Budapest: Akadémiai Kiadó, 2022. ISBN 978-963-454-845-4  
[https://mersz.hu/hivatkozas/m1037adk\\_184/#m1037adk\\_184](https://mersz.hu/hivatkozas/m1037adk_184/#m1037adk_184) (2023. 07. 27.)
- [2] JONASSEN, David H. BEISSNER, Katherine, YACCI, Michael. *Structural Knowledge: Techniques for Representing, Conveying, and Acquiring Structural Knowledge*. New York; London: Routledge, Taylor & Francis Group, 1993. 280 p. ISBN 0-8058-1360-8
- [3] SHAVELSON, Richard J., STANTON, George C. *Construct Validation: Methodology and Application to Three Measures of Cognitive Structure* In *Journal of Educational Measurement*, 12(2), Summer, 1975. pp. 67-85
- [4] TÓTH Zoltán. *Korszerű kémia tantárgypedagógia: híd a pedagógiai kutatás és a kémiaoktatás között*. Debrecen: Debreceni Egyetemi Kiadó, 2015. 200 p. ISBN 978-963-473-872-5
- [5] CZÉKMÁN Balázs, KISS József, TÓTH Zoltán. *Tudásszerkezet-vizsgálat online szóasszociációs teszttel*. In *Iskolakultúra* 27(12), 2017. pp. 56-65.



- [6] GARSKOF, Bertram E., HOUSTON John P. *Measurement of verbal relatedness: An idiographic approach*. In *Psychological review* 70(3), 1963. pp. 277-288.
- [7] CARDELLINI, Liberato. *A note on the calculation of the Garskof-Houston relatedness coefficient/Una nota sobre el cálculo del coeficiente de relaciones de Garskof-Houston*. In *Journal of Science Education* 9(1), 2008. pp. 48-51.
- [8] SÓJÁNÉ Gajdos Gabriella, TÓTH Zoltán. *Általános iskolai és gimnáziumi tanulók levegőszennyezéssel kapcsolatos tudásszerkezetének vizsgálata szóasszociációs módszerrel*. In *Magyar Kémikusok Lapja* 72(2), 2017. pp. 44-48.