

TÓTH UGYONKA HELGA

KÍSÉRLETEK A KÉMIAÓRÁN: MÚLT, JELEN, JÖVŐ

Melyik az egészségesebb, a vaj vagy a margarin? Eltűnt, mint a kámfor – szoktuk mondani –, de mégis mi az a kámfor, és hová tűnik? Egy mérgező gáznak lehet jó illata? Vajon ha összeöntöm a hipót és a sósavat, jobban fog csillogni a mosdókagyló? A hétköznapi életben számtalanszor találkozunk ilyen és hasonló kérdésekkel. A kémia életünk szinte minden szegmensében jelen van, ennek ellenére a tanulók többsége tőle távol állónak, haszontalannak és nehéznek érzi ezt a tantárgyat, ami által immár több mint ötven éve rendületlenül őrzi helyét a tanulói attitűdlisták utolsó helyezettei között. (Ballér, 1973; Csapó, 2000; Takács, 2001)

A laikusok között gyakori az a tévhit, hogy a kémiát azért nem szeretik a tanulók, mert a tanárok nem kísérleteznek eleget a tanórákon. (Tóth, 2019) Bár az állításnak van igazságtartalma, a kérdés ennél jóval összetettebb. Számos kutatás tanúsítja, hogy önmagában a kísérletek elvégzése nem garantálja az attitűd pozitív irányba történő elmozdulását. (Tóth–Bodnár, 2004; Hofstein, 2004)

A továbbiakban kémiai kísérletekkel kapcsolatban az alábbi témakörökre fókuszálunk:

- A „cselekedtető kémiaoktatás”, történeti áttekintés
- A kompetenciafejlesztésre alkalmas kémia kísérletek jellemzői és értékelési lehetőségei
- A tanórai kísérletek új lehetőségei

A „cselekedtető kémiaoktatás”, történeti áttekintés

Első témakörünkben egy rövid történeti áttekintést adunk arról, melyek voltak azok a főbb csomópontok, melyek a „cselekedtető kémiaoktatás” kialakulásában szerepet játszottak.

A természettudományos megismerési folyamatban a laboratóriumi munka központi szerepet tölt be. Épp ezért a természettudományok, köztük a kémia oktatásának a 19. század óta nemzetközi szinten is szerves részét képezik a kísérletek. Elsődleges céljuk a természeti jelenségek és a minket körülvevő világ értelmezése volt. Az első világháborút követően jelentős változás ment végbe a kémiaoktatásban, a laboratóriumi gyakorlatok egyre inkább verifikáló jellegűek lettek. A tanulói felfedező folyamat helyett az elméleti órákon szerzett ismeretek és információk ellenőrzése és illusztrálása került a középpontba. Csak

a 60-as években kezdődő nemzetközi szinten zajló oktatási reformokkal jelentek meg újra a megismerésre és tudáskonstrukcióra fókuszáló módszertani változások. (Hofstein, 2017)

Hasonló tendenciák voltak megfigyelhetőek a magyar kémiaoktatásban is. Mára immáron több mint 200 év telt el azóta, azonban voltak idők, amikor a kémia ún. cselekedtető oktatásában nemzetközi szinten is élen jártunk. Ezt egy történeti forrás is jól szemlélteti. 1794. szeptember 28-án a francia kémikus, Fourcroy így nyilatkozott a Selmeci Bányászati Akadémiáról: *„A fizikát és a kémiát eddig csak elméletben tanították Franciaországban. A selmeci bányászati iskola Magyarországon csattanós példát mutat nekünk arra, hogy mennyire hasznos, ha a tanulók a gyakorlatban is elvégzik azokat a műveleteket, amelyek e hasznos tudományok alapjait képezik”*. (Szabadváry, 1963: 201) Annak ellenére, hogy ez a kiváló intézmény európai szinten is példaértékűen teljesített, a kémiai kísérletek közoktatásba való bekerülése még sokáig váratott magára. Az oktatási rendelkezésekben és ezáltal a középiskolák tananyagában sokáig a humán területek maradtak túlnyomó többségben, azonban a korábbinál több helyet kaptak azon természettudományos tantárgyak, mint a természetrajz, fizika, földrajz. A 18. században megjelent I. Ratio Educationisban és a 19. század oktatását meghatározó II. Ratio Educationisban is megjelenik a tantárgyak hasznosság szerinti felosztása. Ez a tantárgyak hirtelen megnövekedett számával és a kor szellemére jellemző *hasznossági elv* elterjedésével is magyarázható. Mindez erősen meghatározta, hogy mit és milyen megközelítésben tanuljanak a diákok a természettudományos tantárgyakon belül. Kiemelt szerepet kaptak azok a területek, melyek közvetlen kapcsolatban vannak például az ipari és gazdasági élettel, kereskedelemmel, kézműiparral. (Fináczy, 1927; Kosáry, 1977; Pukánszky–Németh, 1996) A magyar oktatási rendszer fejlődésének további meghatározó pillanata volt az Eötvös-féle, 1868-ban megjelent népoktatási törvény is, mely elrendelte a tankötelezettséget, és melynek hatására megkezdődött a népiskolák rendszerének kiépítése. Nagyobb hangsúly került a polgári iskolákra, melyek tantárgyai közé a vegytan is bekerült, tekintettel a kor megújult igényeire, az iparra, a kereskedelemre és a gazdaságra. (Pukánszky–Németh, 1996) Kémiai gyakorlatok a termeléssel szorosabb kapcsolatban álló reáliskolákban, köztük leginkább a kereskedelmi iskolákban valósultak meg, amennyiben a tanár erre önként vállalkozott. Ilyen vállalkozószellemű tanár volt Bertalan József is, kinek vezetése mellett az egrai reáliskolában már 1913-tól kezdve folytak laboratóriumi gyakorlatok. (Tompa, 1914; Szőkefalvy–Örhalmi, 1969)

A következő évtizedek történelmi eseményei a hazai közoktatásra is hatással voltak. Az I. világháború ideje alatt minden fejlesztési törekvés megtorpant, az oktatás érthető okokból a háttérbe szorult. A háborút követően 1919-ben megjelent a Magyar Tanácsköztársaság Iskolai Reformtervezete, mely az alábbi, napjainkig érvényes gondolatokat fogalmazta meg: *„A tanulónak magának kell felfedeznie a természet igazságait. Kísérleteznie, észlelnie kell és a tanító munkája csak arra szorítkozzék, hogy a tanuló munkálatait észrevétlenül úgy vezesse és*

irányítsa, hogy a gyermek megtanuljon kísérleteiből olvasni, látni, megfigyelési gondolkodásra, kérdésfeltevésre, sőt megválaszolásra is késztessek.” (Pásztor, 1959: 211)

A reformtervezetben foglaltak a Tanácsköztársaság bukásáig rendelkezésre álló rövid idő miatt nem valósulhattak meg, a politikai fejlemények pedig egészen a 30-as évekig jelentősen visszavetették a fejlesztési folyamatokat. Ez idő tájt indult el két egymással párhuzamos, de egymástól független irányzat. Az első a középiskolákban, tanítóképző intézetekben, illetve a felsőkereskedelmi iskolákban volt jelen, a második pedig a polgári iskolákban. A kísérleteztető kémiantanítás eszköz, anyag és megfelelő szaktantermek hiányában természetesen nem tudott az ország összes középiskolájában megvalósulni, azonban néhányban kísérleti jelleggel megkezdődhettek a gyakorlati órák. Legjelentősebbek az Erzsébet Nőiskola leánylíceumának és a Mária Terézia leánylíceumának egy-egy osztálya voltak. (Szökefalvy–Örhalmi, 1969) A polgári iskolákban a „Cselekvés Iskolája” mozgalom terjedt el, mely a munkaiskola terveit igyekezett megvalósítani. A gyakorlatok oktatása az elméleti tárgyakkal organikus összefüggésben történt. Ezt tanúsítják az irányzathoz tartozó tankönyvek is, melyek a tananyag módszeres feldolgozása helyett az iskolai kutatómunkára helyezték a hangsúlyt, ezáltal a tanulók maguk fedezték fel a tananyagtartalmat. Egy, a kémia tantárgyhoz tartozó módszertani tanulmány előszavában az alábbiakat olvashatjuk: *„...[a természettudományos nevelés] Indítson kezdeményező lépésre, készteszen önálló gondolkodásra, serkentsen eredményt kierőszakoló, kitartó munkára, élessze a kutatás és tanulás vágyát, ismertesse fel a természet nagyszerű és bölcs berendezését...”* (Szökefalvy–Örhalmi, 1969: 314). Szendy Károly szavai kiválóan összefoglalják az irányzat alapelveit, aktualitásuk pedig mindmáig vitathatatlan.

A történelmi események azonban ismét közbeszóltak a fejlődésnek, először a gazdasági válság, majd a II. világháború rengette meg Európát. A felszabadulást követő időszakban az iskolarendszer hirtelen változtatása igen megnehezítette a kísérleteztető kémiaoktatás eszközigényeinek biztosítását. Jelentősen jobb helyzetben voltak az akkoriban egyre inkább elterjedő kémia tagozatos osztályok, melyek nagyobb óraszámban és felszerelt laboratóriumokkal dolgozhattak. (Szökefalvy–Örhalmi, 1969)

„A modern pedagógiában sok szó esik arról a didaktikai alapelvről, hogy a tanulóknak aktívan kell részt venniük az oktatási folyamatban. [...] Sok, lényeges előrehaladás történt ebben az irányban, azonban távolról sem hihetjük, hogy elértük az elvekben lefektetett célokat. Különös sok a teendőnk még a természettudományok, s azon belül kiváltképpen a kémia aktivizált oktatása terén.” (Szökefalvy–Örhalmi, 1969: 297) A fenti sorokkal már előre megfogalmazták a szerzők a 20. század második felének teendőit. És habár az elmúlt öt évtizedben a tananyag, a tanterv és vele együtt a tankönyvek is több alkalommal változtak, sok helyen még ma is a „krétakémia” uralkodik. (Fernengel, 2002)

A kompetenciafejlesztésre alkalmas kémiai kísérletek jellemzői

„A tanulóknak magának kell felfedeznie a természet igazságait. Kísérleteznie, észlelnie kell...”
(Pásztor, 1959: 211).

Az előző részben néhány, a kémiaoktatás módszertanának történetiségéhez kapcsolódó fordulóponton mutattunk rá. Az, hogy a jó gyakorlatok, példák csak elszórtan tudtak megvalósulni, és nem történt széles körben nagyobb fordulat a kémiai kísérletek osztályteremi alkalmazása terén, a megfelelő eszköz, anyag és szaktanterem, illetve a tanárok megfelelő felkészültségének hiányára vezethető vissza, immár több mint kétszáz éve. Ugyanakkor a kutatási eredmények azt is mutatják, hogy önmagában a tanár által végzett tanórai kísérlet kevés ahhoz, hogy javítsa a tanulók kémia tantárggyal kapcsolatos attitűdjét. (Tóth, 2004; Hofstein, 2004; Murányi, 2015) Jogosan merül fel a kérdés: megéri-e így több idő- és anyagi keretet fordítani a kémiai kísérletekre? A kérdés megválaszolásához meg kell vizsgálnunk a tanórákon elvégzett kísérletek jellegét és a felmerülő nehézségeket.

Kémiantanárokkal készített felmérésekből kiderül, hogy egyik legnagyobb kihívásként az időhiányt élik meg, sok esetben pedig úgy érzik, nem rendelkeznek a megfelelő képzettséggel a kísérleteztető kémiaoktatáshoz. És ekkor még nem is beszéltünk a szakirányú továbbképzések, az eszközök és a laboránsok hiányáról. (Fernengel, 2002; Szalay, 2016) Így amennyiben a kémiaórákon megjelennek a kémiai kísérletek, jelentős részük verifikáló jellegű lesz, a tanulók által végzett kísérletek pedig szinte kivétel nélkül receptkönyvszerűen megfogalmazott, probléma-, kérdésfelvetés és sokszor gondolkodás nélkül elvégezhető feladatok. (Hofstein, 2004; Hofstein, 2017) Erre világít rá Tóth Zoltán és Bodnár Mária 2004-es tankönyvkutatása, melyben 33 tankönyv összesen 1938 kísérletét vizsgálták. A tüzetesebben megvizsgált, véletlenszerűen kiválasztott 200 kísérlet között egyetlen problémafelvető kísérlet sem szerepelt. Ez azt bizonyítja, hogy továbbra is az információkövetítés az elsődleges cél a magasabb gondolkodási műveletek (analízis, szintézis) fejlesztése és az ezekhez kapcsolódó tudáskonstrukció elősegítése helyett. A kutatás eredményeiként kirajzolódott, és további problémaként jelent meg, hogy az elvégzett kísérletek legtöbbször nem kapcsolódnak a hétköznapi élethez, a tanulók nem tudják eredményeiket alkalmazni a mindennapok tapasztalataira. (Tóth–Bodnár, 2004)

A kémiai kísérletekben rejlő lehetőségek

A jól megtervezett, kivitelezett és értékelt tanórai kísérlet fejleszti a logikai és kutatói képességeket, a problémamegoldó és pszichomotoros képességeket, a csoportmunkában való részvételt, a kommunikációs készségeket, és elősegíti a tantárggyal kapcsolatos pozitív

attitűd kialakulását. Mindemellett hozzájárul a megfigyelőképesség és a kognitív tudás fejlesztéséhez. A kutatásalapú kísérletek fejlesztik a kérdésfeltevés képességét, valamint a tanulási és metakognitív képességeket. Éppen ezért az így megvalósuló kísérleteztető kémiaoktatás kiváló eszköze lehet a valódi kompetenciafejlesztésnek, melynek elemei épp az ismeretszerzés, a képességfejlesztés és az attitűdformálás. (Nakleh–Polles–Malina, 2002; Hofstein, 2004; Murányi, 2015)

Korábbi kutatásokban azt is vizsgálták, a tanulók által végzett kémiai kísérletek mely aspektusai hatnak leginkább az attitűdre. Kiderült, hogy az egyik legmeghatározóbb elem a szociális interakció. Az interakciók pozitív tanulási környezetet teremtenek. A tanár-tanuló, tanuló-tanuló közötti konstruktívabb együttműködés valósulhat meg, többek között a kevésbé formális légkör és az egymásrautaltság miatt. Az említett interakciók elősegítik a tanulók bevonódását, ami a legfontosabb elem a tanulók kémia iránti érdeklődésének felkeltésében. (Hofstein, 20017)

Milyen egy jó kísérlet?

A szakemberek szerint a kompetenciafejlesztésre alkalmas kísérlet általános jellemzői a következők: elősegíti a csoportkohéziót, nyílt végű (open-ended inquiry based learning), világos szabályrendszerre épül, elősegíti a tanulói bevonódást (student engagement), egyedi és gyakorlati jellegű tanulási tapasztalatokat nyújt a tanulóknak. (Nakleh–Polles–Malina, 2002; Hofstein, 2004) Csak az eddig elmondottakból is kiderül, hogy a tanulói kísérletek megfelelő tanulási környezetének a megtervezése, megszervezése, nyomon követése és ellenőrzése a hagyományos frontális óráktól eltérő tanári tervezőmunkát és tanórai tevékenységet igényel. Nem véletlen, hogy a frontális tervezéshez szokott pedagógusok sokkal időigényesebbnek érzik a módszert, ami több előkészületi munkával jár, és nehezebben értékelhető.

Ha a didaktikai folyamatban a tanulói kísérletek értékelésére fókuszálunk, akkor elmondhatjuk, hogy a gyakorlatokat jellemzően valamilyen írásos formában kérik számon (dolgozat, jegyzőkönyv). A gyakorlati munka és ebben a kezűgyesség, csoportmunka, kommunikációs készségek stb. ritkán kerülnek értékelésre. Azonban nemcsak a munka végeredményét, hanem a folyamatot, illetve a folyamat során szerzett tudást is lehet értékelni. Az értékelés lehetséges kritériumait és ezek százalékos megoszlását az 1. táblázat mutatja.

Kritérium	Közvetlen eredmények értékelése (80%)							A tanár megfigyelésén alapuló értékelés (20%)			
	Megfigyelés	A kutatás elméleti szakasza			A kísérlet utáni szakasz						Csoport jegyzőkönyv
Százalékos súly (%)	10	35			30			5	5	5	10
Kísérlet sorszáma	Feljegyzések	Kérdések megfogalmazása	Hipotézisek felállítása	Tervezés	Eredmények bemutatása	Következtetések	Összegzés	Az eredmények bemutatása írásos formában	Kézügyesség	Csoportban való együttműködés	Kommunikációs készségek
Átlag											

1. táblázat: Az egyes ellenőrzési kritériumok százalékos súlya (forrás: Hofstein 2004)

Mielőtt ismertetnék néhány konkrét példát és jó gyakorlatot, az eddigieket összegezve elmondhatjuk, hatékony tanulási folyamat akkor valósulhat meg, ha a tanulók a kísérlet során nemcsak információkat kapnak, de valós műveleteket végezhetnek azokkal, megkonstruálhatják tudásukat a vizsgált jelenségről, tudományos fogalomról. A verifikáló jellegű kísérletek, az anyagok és eszközök egyszerű manipulálása erre nem alkalmas, fontos, hogy a tanulók maguk fogalmazzanak meg kérdéseket, tervezzék meg a kísérleteket (vagy legalább egy részét), gyűjtsenek adatokat, és értelmezzék azokat következtetések levonásával. Hofstein szavaival élve, itt az ideje, hogy a „hands-on” helyett „minds-on” típusú kísérletek kerüljenek előtérbe. (Hofstein, 2017) Ehhez mutatunk néhány konkrét lehetőséget a továbbiakban.

A tanórai kísérletek új lehetőségei

A kutatás- vagy problémaalapú tanulás lehet előre algoritmizált vagy nyílt kérdésre épülő, problémamegoldó folyamat, mely mindenképpen a tanulói aktivitásra épül (Molnár, 2005; Nagy, 2010). A kutatásalapú tanulás minimális követelményeit Szalay (2016) így fogalmazta

meg: „a diákoknak csoportmunkában kell olyan tanulókísérleteket végezniük, amelyeknek legalább egy lépését nekik kell megtervezniük és a tapasztalatokat, valamint az azokból levonható következtetéseket meg is kell egymás között vitatniuk”. (Szalay, 2016: 338)

A kutatásalapú kémiai kísérletek a nemzetközi szintű pozitív visszhangnak is köszönhetően hazánkban is a módszertani kutatások középpontjába kerültek. Ebben kiemelkedő szerepet játszott a dr. Szalay Luca vezette Kutatásalapú Kémiantanítás Kutatócsoport megalakulása 2016-ban, mely első lépésként a receptszerű kísérletleírásokat alakította át úgy, hogy megfeleljenek a kutatásalapú kémiantanítás feltételeinek. A fő irányelvek között szerepeltek a következők: legyen motiváló és felfedező jellegű, egyszerű és olcsó eszközigény, ne legyen túl bonyolult és időigényes, a tanulók rendelkezzenek a szükséges elméleti és gyakorlati ismeretekkel, álljon rendelkezésre a tanárok által könnyen elérhető tananyag. (Szalay, 2016; Szalay–Tóth–Kiss, 2020) Az MTA-ELTE Kutatásalapú Kémiantanítás Kutatócsoport „Megvalósítható kutatásalapú kémiantanítás” projektjében készült tananyagok jelentős része elérhető a Természettudományos oktatási centrum honlapján.¹

Továbbá egyre inkább teret nyernek azok a kísérletek, melyek laboratóriumi eszközök helyett hétköznapi használatban is jelen levő vegyszereket és eszközöket használnak, illetve a kisebb kivitelű, költséghatékonyabb és környezetkímélőbb kísérletek, melyek legtöbbször a tanulók által is könnyen elvégezhetőek. Ezekhez a reakció típusokhoz általában új reakciótér is társul, ilyenek például a műanyag fecskendő gázkísérletek és a csempén, szűrőpapíron vagy épp festőpalettán, esetleg tablettatartón is megvalósítható reakciók. (Dobóné–Sarka–Tóth, 2016)

Összegzés

A magyar kémiaoktatás mindig is nagy hangsúlyt fektetett a tanórai kísérletekre, és ennek az adott korszakok történelmi, politikai és gazdasági bizonytalansága, az eszközök és felszerelések hiánya sem tudott gátat szabni. A pedagógusok kifogyhatatlan kreativitása és a kutatók lelkesedése által újabb és újabb utak nyíltak, párhuzamosan haladva a pedagógia és pszichológia, a tanulók és tanulási folyamatok megismerésével kapcsolatos eredményeivel. A jól megtervezett kémiai kísérletek számtalan pozitív hatással rendelkeznek, általános elterjedésükig azonban még hosszú az út, megfontolt tervezés és bevezetés szükséges. A jelenleg is folyamatban lévő kutatási és fejlesztési projektek nagy reményekre adnak okot.

¹A honlap elérhetősége: <https://ttomc.elte.hu/publications/90>, 2023. 03. 03-i megtekintés

A tanulmány a kulturális és innovációs minisztérium ÚNKP-22-2 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a nemzeti kutatási, fejlesztési és innovációs alapról finanszírozott szakmai támogatásával készült.

Irodalom

- Ballér Endre (1973.): Tanulói attitűdök vizsgálata. *Pedagógiai Szemle*, **23**. 7-8. sz. 644–657.
- Csapó Benő (2000): A tantárgyakkal kapcsolatos attitűdök összefüggései. *Magyar Pedagógia*, **100**. 3. sz. 343–366.
- Dobóné Tarai Éva – Sarka Lajos – Tóth Zoltán (2016): Új lehetőségek a tanórai kísérleteztetésben. *Magyar Kémikusok Lapja*, **71**. 11. szám, 353–357.
- Fernengel András (2002): A kémia tantárgy helyzete és fejlesztési feladatai. *Új Pedagógiai Szemle*. **52**. 9. sz. 68–82.
- Fináczy Ernő (1927): *Az újkori nevelés története* (1600-1800). Forrás: Magyar Elektronikus Könyvtár: <https://mek.oszk.hu/04700/04736/html/>
- Hofstein, A. (2004): The laboratory in chemistry education: thirty years of experimece with developments, implementations, and research. *Chemistry Education: Research and Practice*, **5**. 3. sz. 247–264. <https://doi.org/10.1039/B4RP90027H>
- Hofstein, A. (2017): The role of laboratory in science teaching and learning. In: K. S. Taber – B. Akpan (szerk.): *Science Education – An International Course Companion*. Sense Publishers: Rotterdam. 357–368. https://doi.org/10.1007/978-94-6300-749-8_26
- Kosáry Domokos (1977): A kétszáz éves Ratio Educationis. *Magyar Pedagógia*, **77**. 3-4. sz. 375–387.
- Molnár Gyöngyvér (2005): A probléma-alapú tanítás. Az ismeretek alkalmazásának és az együttműködő-készség fejlesztésének egy módszere. *Iskolakultúra*, **15**. 10. sz. 31–43.
- Murányi Zoltán (2015): Kémia vizsgálatok a környezeti nevelés érdekében. In: Mika János – Pajtókné Tari Ilona (szerk.): *Környezeti nevelés és tudatformálás*. EKF Líceum Kiadó: Eger. 189–196
- Nagy Lászlóné (2010): A kutatásalapú tanulás/tanítás (‘inquiry-based learning/teaching’, IBL) és a természettudományok tanítása. *Iskolakultúra*. **20**. 12. sz. 31–51.
- Nakleh, M. B. – Polles, J. – Malina, E. (2002): Learning chemistry in a laboratory enviroment. In: J. K. Gilbert – O. De Jong – R. Justi – D. F. Treagust – J. H. Van Driel (szerk.): *Chemical Education: Towards Reseach-based Practice*. Dordrecht: Springer. 69–94.
- Pásztor József (1959, szerk.): *Az 1919-es Magyar Tanácsköztársaság iskolai reformtervezete*. Fővárosi Pedagógiai Szeminárium: Budapest.

- Pukánszky Béla – Németh András (1996). *Neveléstörténet*. Forrás: Magyar Elektronikus Könyvtár: <https://www.mek.oszk.hu/01800/01893/html/>
- Szabadvány Ferenc (1963): A Selmecebányai Bányászati Akadémia úttörő szerepe a kémiai laboratóriumi oktatás kialakításában. *Technikatörténeti Szemle*, 4. sz. 607. 201
- Szalay Luca (2016): A kutatásalapú tanulás este a magyar valósággal. *Magyar Kémikusok Lapja*, 71. 1. sz. 338–341.
- Szalay Luca – Tóth Zoltán – Kiss Edina (2020): A kutatásalapú kémiatanítás tanítása. *Magyar Tudomány*. 181. 8. sz. 1032–1037. <https://doi.org/10.1556/2065.181.2020.8.5>
- Szőkefalvi-Nagy Zoltán – Örhalmi Ibolya (1969): A cselekedtető kémiaoktatás múltja hazánkban. In: *Az Egri Ho Si Minh Tanárképző Főiskola tudományos közleményei (Új sorozat, 8. köt.) = Acta Academiae Paedagogicae Agriensis (Nova series, Tom. 8.)*. Ho Si Minh Tanárképző Főiskola: Eger. 297–324.
- Takács Viola (2001): A tantárgyi attitűdök struktúrája. *Magyar Pedagógia*. 101. 3. sz. 301–318.
- Tóth Zoltán – Bodnár Magdolna (2004): Kísérletek a kémia tankönyvekben. *Iskolakultúra*, 14. 1. sz. 106–112.
- Tóth Zoltán (2019): Tévhitek a kémia oktatásában. *Magyar Kémikusok Lapja*, 74. 4. sz. 111–115.