

Határtalan kémia...”



Dr. Szalay Luca

Jó kérdések és okos válaszok a kémiaórákon (III. rész)

A kérdésfeltevésen-kutatáson alapuló természettudományos oktatási módszerek összességét a szakirodalom angolul "Inquiry Based Science Teaching"-nek, azaz rövidítve IBST-nek nevezi. Alkalmazása az Egyesült Államokban már meglehetősen elterjedt, az Európai Unió pedig az utóbbi években (a Seventh Framework Programme, azaz az FP7 keretén belül megvalósított nemzetközi projektek finanszírozásán keresztül [1]) hatalmas összegeket költ az IBST népszerűsítésére. A 2006-os PISA felmérés egyik legfontosabb tanulsága szerint a magyar diákok tudása a természettudományos problémák felismerése, a természettudományi megismeréssel kapcsolatos ismeretek és a természettudományi bizonyítékok alkalmazása terén messze elmaradt saját (a nemzetközi mezőnyben egyébként kifejezetten jónak mondható) tárgyi tudásuk szintjétől [2]. Ez például abban mutatkozott meg, hogy a diákok nagy többsége még a legegyszerűbb esetekben sem tudta megkülönböztetni a vizsgált anyagot a referenciaanyagtól, és nem ismerte fel a kontrollkísérlet jelentőségét. Nagyon fontos tehát, hogy az alaposan megválogatott és jól rendszerezett tényanyag mellett, a diákok lehetőséget kapjanak a természettudományos gondolkodásuk fejlesztésére is, hiszen ezt viszik majd magukkal útravalóként a felnőtt életükbe. De hogyan, milyen kérdések feltevésén keresztül fejleszthetők ezek a képességek? Ebben és a cikkben erre szeretnék mutatni néhány egyszerű, ám tanulságos gyakorlati példát.

Hogyan hasonlíthatók össze a különböző tüzelő- és üzemanyagok égéshői?

A *Science in School* folyóirat [3] néhány számában bristoli kollégák tollából nagyon érdekes, a klímaváltozással kapcsolatos kísérleteket leíró cikksorozat jelent meg. Ennek egyik tagja a *Fuelling interest: climate change*

experiments címet viseli [4]. Ez a lefordíthatatlan szójáték azt használja ki, hogy az angol „fuel” szó üzemanyagot, fűtőanyagot és táplálást is jelent. Tehát arra utal, hogy a diákok motivációját az üzemanyagokkal kapcsolatos (és ezáltal a klímaváltozással összefüggésbe hozható) kísérletekkel tarthatjuk fent.

Mivel épp az alkoholoknál jártunk, úgy gondoltam, hogy érdemes lenne a cikkben leírt egyik kísérletet megcsinálni a diákjaimmal. Ennek során ugyanis alkoholok fajlagos égéshőit lehet összehasonlítani. A kísérlet jól kapcsolható a bioetanol témaköréhez, amelynek fajlagos égéshője a benzinénél jóval kisebb. A kísérlet eredményei pedig segítenek annak tudatosításában, hogy az egyes tüzelő- és üzemanyagok kémiai kötéseiben a fotoszintézis során raktározódott napenergia melegíti otthonainkat, főzi meg ételünket és hajtja autóinkat. A benzin, a gázolaj és a hidrogén égéshőjének összehasonlítására (robbanásveszélyes mivoltukból fakadóan) természetesen nem végezhetünk iskolai körülmények között kísérleteket, de az egyes alkoholokkal biztonságos körülmények között dolgozhatnak a diákok is.

Optimális esetben (az igazi IBST módszert alkalmazva) a diákok csoportokra osztva (a szükséges adatok és a rendelkezésükre bocsátott eszközök ismeretében) maguk tervezik meg, hogy például hogyan tudnák összehasonlítani egy kisebb és egy nagyobb szénatomszámú alkohol fajlagos égéshőjét. Ehhez a következő eszközöket kell minden csoport rendelkezésére bocsátani:

- 1 vagy 2 db borszeszegő metanollal vagy etanollal, ill. n-butanollal (bután-1-ol) vagy n-pentanollal (pentán-1-ol) töltve, és ennek megfelelő módon feliratozva
- 1 vagy 2 db vasháromláb és kerámiás drótháló
- 1 vagy 2 db fakocka, ami a vasháromláb alá tett borszeszegőt olyan magasra emeli, hogy meggyújtás után a lángjuk egyforma (kb. 4-5 cm) távolságra legyen a kerámiás drótháló aljától
- 1 vagy 2 db 250 cm³ térfogatú főzőpohár
- 1 vagy 2 db hőmérő

Osztálysinten szükséges még 1 db digitális gyorsmérleg vagy táramérleg és csapvíz.

A diákok rendelkezésére kell bocsátani a következő információkat is:

- a víz fajlagos hőkapacitása: 4,187 kJ · kg⁻¹ °C⁻¹

- az egyes anyagok standard égéshőit tartalmazó táblázat, amelyek forrása az eredeti Science in School cikkben megtalálható (1. táblázat)

1. **táblázat:** Egyes anyagok standard égéshői (keverékek esetében átlagos értékek)

Fűtő-, ill üzemanyag neve	Standard égéshő (MJ/kg)
Lignit (átlag)	15,0
Fa (átlag)	15,0
Metanol	22,7
Antracit (átlag)	27,0
Etanol	29,7
Szén (elemi)	32,8
Propán-1-ol	33,6
Bután-1-ol	36,2
Pentán-1-ol	37,7
Diesel olaj (átlag)	44,8
Paraffin (átlag)	46,0
Kerozin (átlag)	46,2
Benzin (átlag)	47,3
Bután	49,5
Propán	50,4
Etán	51,9
Földgáz (átlag)	54,0
Metán	55,5
Hidrogén	141,9

Legegyszerűbb esetben tehát minden diákcsoport azt a feladatot kapja, hogy tervezzenek kísérletet, amivel bebizonyítják, hogy az alacsonyabb szénatomszámú alkohol fajlagos égéshője valóban kisebb, mint a magasabb szénatomszámúé. Joggal feltételezhető, hogy minden csoportban megszületik az egyszerű megoldás: annak az alkoholnak nagyobb a fajlagos égéshője, amelyből kevesebb tömegűt kell elégetni ahhoz, hogy azonos tömegű vizet azonos hőmérsékletre melegítsen. Ehhez tehát azt kell megmérni és összevetni, hogy két borszeszegőben lévő kétféle alkohol tömege mennyit csökken akkor, ha azonos tömegű (célszerűen kb. 150 cm³, azaz mintegy 150 g) és azonos hőmérsékletű vizet adott hőmérsékletre (kb. 30-40 °C-kal) felmelegítünk. Természetesen, ha szükségesnek látszik, akkor a csoportok között körbejáró tanár segítő kérdéseket tehet fel. A csoportokban született terveket osztályszinten össze kell hasonlítani, és csak a „tökéletes” terv kivitelezéséhez szabad hozzáfogniuk a diá-

koknak. A kísérletek megkezdése előtt tisztázni kell azt is, hogy a korrekt számítások elvégzéséhez a következő adatokat kell majd feljegyezni:

- az egyes alkoholokat tartalmazó borszeszegők tömege (kupak nélkül) melegítés előtt és után, ill. az elégett alkoholok ebből számítható tömegei (megfelelő módon indexelve): m_{alkohol} (kg)
- az egyes főzőpoharakba bemért csapvíz tömegei (megfelelő módon indexelve): $m_{\text{víz}}$ (kg)
- az egyes főzőpoharakban lévő víz hőmérsékletének emelkedése (megfelelő módon indexelve): Δt (°C)

Természetesen a csoportmunkához szükséges feltételek hiánya esetén a kísérlet osztályszintű tanári demonstrációs kísérletként is megvalósítható (én is így végeztem el). A kísérlet megtervezésébe, az adatok feljegyzésébe, a számítások elvégzésébe és az eredmények értékelésébe azonban így is be lehet vonni a diákokat. A számítások elvégzéséhez a következő egyszerű képlet használható:

$$\text{Fajlagos égéshő} \left[\frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \right] = \frac{c_{\text{víz}} \cdot m_{\text{víz}} \cdot \Delta t}{m_{\text{alkohol}}}$$

A kísérletek és számítások korrekt módon való elvégzése után (és a megfelelő mértékegységeket alkalmazva) olyan eredményeket kapunk, amelyek az 1. táblázatban mutatkozó trendeket valóban követik (tehát a nagyobb szénatomszámú alkoholok égéshője tényleg nagyobb, mint az alacsonyabb szénatomszámúaké), de az ott megadott égéshő értékeknek csak a töredékei (estünkben az irodalmi adatoknak csak mintegy negyedét vagy ötödét kaptuk). Ekkor magától adódik a kérdés, hogy miért van ilyen óriási eltérés a táblázatban talált és a saját mérési adatainkból számított eredmények között? Érdekes, hogy a meglehetősen nyilvánvaló válasz mellett (miszerint a mi kísérleti rendszerünk nem volt elszigetelt, tehát többféle módon is fellépett hőveszteség, ami nem a víz melegítésére fordítódott) a diákoknak az irodalmi adatok forrásának hitelességét is eszükbe jutott megkérdőjelezni, mivel a számértékek egy része a Wikipédiából származott. (Ezt tehát külön meg kellett beszélnünk, hogy hogyan lehet az egyes interneten talált adatok valódiságát ellenőrizni, vagy legalábbis a hitelességüket valószínűsíteni.) Nagyon érdekes része volt az eredmények értékelésének, amikor a diákoknak a hőveszteség lehetséges módjait szedték össze egy spontán *brain storming* keretében (sajnos az „ötletroham” kifejezést nem szeretem, és erre az angol kifejezésre nem hallottam még frapáns, jó fordítást). Természetesen arra is gyűjthetők ötletek, hogy hogyan lehet egy ilyen egyszerű kísérleti berendezés esetében a hőveszteséget

csökkenteni. Továbbá tanulságos végig gondolni, melyek azok az okok, amelyek jelentős, az eredményeket komolyan befolyásoló, és melyek azok, amelyek elhanyagolhatóan kicsi hőveszteséget okoztak (pl. melyik kategóriába tartozik az az ok, hogy az osztályteremben 25 °C-nál pár fokkal alacsonyabb volt a hőmérséklet). Nagy örömmre a diákok ezen kívül arra is rájöttek, hogy a különféle hőleadási módok mellett (a világító, kormozó láng tanúsága szerint) a tökéletlen égés is egyik okozója a kapott adatok és a mérési eredményeink közötti eltéréseknek.

Mindezek megfontolása után fölvettem a kérdést, hogyha csak ennyire nagy hibával határozható meg az égéshő ilyen körülmények között, akkor miért kaptunk egyáltalán tendenciájukban jó értékeket (azaz a nagyobb szénatomszámú alkohol esetében nagyobb égéshőt, mint a kisebb szénatomszámú esetében). A csábító „véletlen műve” jellegű válasz helyett a diákok erre is megtalálták a legvalószínűbb megoldást: bár a mérési körülmények valóban nagy hibákat okoztak, a kétféle alkohol esetében igyekeztünk azonos (pontosabban nagyon hasonló) körülményeket biztosítani, ezért jöhettek ki a tendenciájukban helyes értékek.

Természetesen, ha csoportmunkában végeztetjük a kísérletet, akkor többféle megközelítés is lehetséges. Mérheti minden csoport más-más alkohol égéshőjét is, de lehet úgyis szervezni a munkát, hogy a csoportok fele a kisebb szénatomszámú alkoholét, a másik fele a nagyobb szénatomszámúét határozza meg (ilyenkor elegendő minden csoportnak minden eszközből egy-egy darab). Ez utóbbi esetben egyféle alkoholra többféle eredményt is kapunk, ami kitűnő lehetőséget teremt arra, hogy a mérések hibájáról és azok csökkentésének lehetőségeiről beszéljünk. Az én diákjaim (mivel a vegyész szakirányú képzésben már számos laborgyakorlaton végeztek kvantitatív meghatározásokat is), költlességtudóan mondták, hogy ilyen esetben az egyes mérési eredmények különbözőek lennének a mérési hibák különböző nagysága miatt. Ekkor eszembe jutott, hogy megkérdezem: kaphatná-e két csoport ugyanazt az eredményt. Nagyon érdekes, hogy a kórusban adott első válasz a „nem” volt, csak egy fiú jelentkezett az „igen”-nel. Ő viszont azonnal meg is indokolta, hogy ilyesmi nagyon kis valószínűséggel, de véletlenül éppenséggel előfordulhat. A kérdés gyakorlatban való eldöntésére percek alatt csattanós választ kaptunk, mert én magammal hoztam, és már korábban a táblára is felírtam az általam a kísérlet kipróbálásakor mért adatokat. A számítások elvégzése után kiderült, hogy az egyik alkohol eseté-

ben két értékes jegyre ugyanazt az égéshő értéket kaptuk az osztálytermi kísérletben, mint amit az előzetes kipróbálás során magam mértem. Persze, ez nagy szerencse volt, ami külön emlékezetessé tette a gyakorlatot. Azonban úgy gondolom, hogy az óra enélkül is igen tanulságos lett volna, hiszen (a konkrét tapasztalatokon túl) a diákok éppen abba kóstolhattak bele, hogy hogyan is kell egy természettudományos igényű mérést korrekt módon megtervezni, kivitelezni és az eredményeket értékelni. Láthatták, hogy milyen sokféle körülmény tehet a valóságban bonyolulttá egy mégoly egyszerűnek tűnő kísérletet is, mi mindent kell végig gondolni és megvalósítani ahhoz, hogy akár csak adott korlátok között is korrektnek elfogadható eredményeket kapjunk. Mindezzel pedig pont azt gyakorolták, amit a mindennapok emberének is értenie kell: a természettudományos gondolkodásnak és kutatómunkának vannak olyan sajátosságai, amelyek az ilyen igényű munkát korrekt módon végzőket megkülönböztetik az áltudományos köntösbe bújtatott maszlagot kommunikáló sarlatánoktól és csalóktól. Ezért a valódi természettudományos kutatómunkát végzők eredményeire (az általuk ismertetett feltételek mellett és körülmények között) bizton építhetünk.

Irodalomjegyzék:

- (1) <http://cordis.europa.eu/fp7/>
- (2) „A ma oktatása és a jövő társadalma” PISA 2006” - c. . összefoglaló jelentés (Oktatási Hivatal, Budapest, 2007)
- (3) <http://www.scienceinschool.org>
- (4) <http://www.scienceinschool.org/2009/issue11/climate>

(A fenti honlapok esetében az utolsó látogatás időpontja: 2010. jan. 5.)

Dr. Szalay Luca
ELTE Kémiai Intézet
luca@chem.elte.hu