

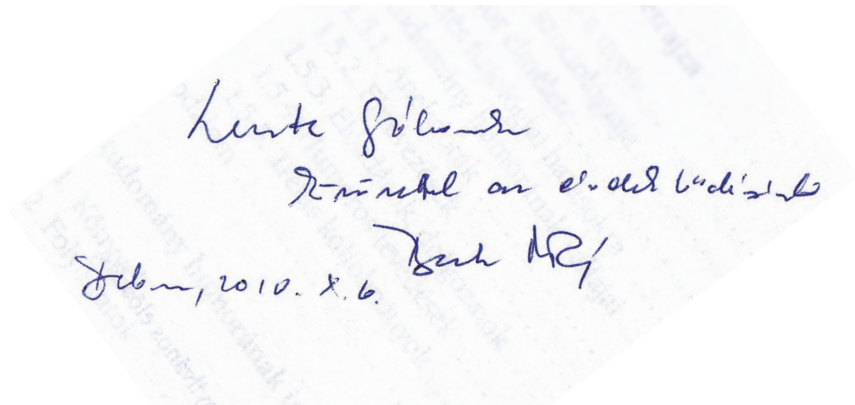
magyar kémikustársadalomban igazából senki nem próbálta meg követni őt ezen az úton.

Beck Mihály soha nem tanított engem. Már éppen leköszönt a Debreceni Egyetem Fizikai Kémiai Tanszékének vezetői székéből, mire én hallgató lettem, diplomamunkám készítése közben sem volt vele kapcsolat. Személyesen először 25 éve, már friss egyetemistaként találkoztam vele Budapesten, amikor a nemzetközi kémiai diákolimpián szereplő magyar csapatnak adott át Szent-Györgyi Albert-émlékérmeket. Csodálkozott is rajta, hogy Debrecenben még egyszer sem futottunk össze.

A legnagyobb emlékszilánkjaim államvizsgámhoz kötődnek, ahol Beck Mihály egyszerre volt a bizottság elnöke és a diplomamunkám bírálója. Fizikai kémiai tételt húztam, ezt természetesen ő maga kérdezte. Meg is próbálkozott egy tanári praktikával: amikor elmondtam, hogy a szabadentalpiára azért használják a  $G$  jelet, mert Gibbs-függvénynek is nevezik, akkor gyorsan hozzátette, hogy akkor a  $H$  nyilván a Helmholtz-függvényt jelöli. Ez persze nem így van, a Helmholtz-függvény a szabadenergia, amelynek az elterjedt jele  $A$  (a német „Arbeit” szó után). Nagyon elégedett volt, amikor én azonnal ki is javítottam őt. Aztán még azt is megkérdezte: akkor az entalpia jele vajon miért  $H$ ? Nem tudtam. Mint kiderült, ez a válasz tökéletes volt, mert ő sem tudta.\*

Szintén az államvizsgán tapasztaltam először, hogy mennyire kritikus hangot tud megütni a magyar nyelvhasználat kérdéseiben. Ez persze akkor és ott nem esett annyira jól, hiszen éppen diploma-

\* Nemrég olvastam arról, hogy Josiah Willard Gibbs amerikai fizikai kémikus az angol „heat”, vagyis hő miatt vezette be a  $H$ -t, de ez nem teljesen meggyőző magyarázat, mert a Wikipédia szerint Gibbs az entalpia kifejezést soha nem használta.



munkám bírálatáról volt szó. Emlékezetes maradt az, a megnyitón előadott gondolatmenete is, amelyben az államvizsgáztatás rendszerét minősítette ostobaságnak (ennél erősebb érzelmi töltetű szót használt). Szerinte egy ilyen alkalom előtt legalább két hétre el kellene zárni mindenféle kémiai szakirodalomtól vagy saját előadásjegyzettől a jelölteket, akiknek ezt az időt kirándulással vagy pingpongozással kellene tölteniük. A vizsgán pedig nem tételt kellene húzni, majd kidolgozás után előadni, hanem egyszerűen beszélgetni. Ebben az elképzelésében már akkor is a lenyűgöző pedagógiai érzék bizonyítékát láttam. Persze ő is tudta azt, amit én: ilyen típusú záróvizsga soha nem lesz, mert ez az egyetemi oktatókat és a képzési rendszert legalább annyira minősítené, mint a jelöltek felkészültségét.

Tudomásom szerint ő alkotta meg a tüskés mimóza (latinul *Mimosa spinosa*) fajmegjelölést azon tudóstársai megsértésére, akik rendszeresen, s nem is feltétlenül teljesen indokoltan bírálják mások munkáit, de a saját következtetéseikre vonatkozó mindenféle kritikát személyes inzultusnak tekintenek. Ha én valaha is ilyen szellemes dolgot tudnék kitalálni, azzal a céloom biztosan nem pusztán a bölcs elmélkedés

vagy az elmés bölcselkedés lenne. Arra emlékeztetném magamat, hogy soha ne viselkedjek tüskés mimózaként.

Egy alkalommal bizony még Beck Mihály dorgálására is rászolgáltam azzal, hogy *Humor a tudományban* című könyvét könyvesboltban, teljes áron vettem meg röviddel a megjelenése után. Ennek az lett a következménye, hogy a debreceni Kémiai Intézet munkatársai számára elérhető kedvezményes vásárlási lehetőségről már elkésve értesültem. Ettől még dedikálta nekem a kötetet, s nem sokkal később egy kémiaoktatással foglalkozó brit folyóirat általa hosszú évek alatt összegyűjtött kötetit is nekem adta.

Az utóbbi időben személyes találkozásaink alkalmával soha nem mulasztotta el megjegyezni, hogy mennyire tetszik neki a Vegyészleletek rovat, amelyet a Magyar Kémikusok Lapjában szerkesztek. Utolsó beszélgetésünk is azzal zárult, hogy megdicsérte a júniusi számban közölt, 1867-ben publikált kémiai cikkekről készített összeállításumat. Pedig én csak azt akartam megköszönni neki, hogy jelölt engem a Hevesy Endre újságírói díjra. Mert ezt az elismerést az ő támogatásának is köszönhettem.

LENTE GÁBOR

## Álmélkodni és elmélkedni

BECK MIHÁLY

**B**ármilyen hatalmas is a fejlődés a természettudományok minden ágában, melynek következtében egyre inkább érthetővé válnak a tapasztalati ismeretek, a kémia elemi szintű oktatásának nyilvánvalóan a tapasztalatokból kell kiindulnia. Egyrészt azért, mert csak az anyagok kémiai viselkedésének (és nem

a kémiai agyagok viselkedésének, hiszen – különleges és kevés számú kivételtől eltekintve – minden anyag kémiai anyag!) közvetlen élményeken keresztül való megismerésével juthatunk el a legalapvetőbbben, és az általános iskolai tanulók fel-fogási szintjén is érthető törvényszerűségek megfogalmazásáig. Az anyagok érzék-

szerveinkkel észlelhető tulajdonságainak elemzése módot ad a különböző szinteken való értelmezésre, a legegyszerűbb megközelítéstől a legbonyolultabbig. Gondoljunk csak a különböző anyagok, elemek és vegyületek sűrűsége, színe, szaga, íze értelmezésére, nem is beszélve a különböző kémiai tulajdonságokról.

Azt hiszem, a legfontosabb annak a tudatára ébreszteni az ifjú elméket, hogy az atomok milyen kicsinyek. Ezt csak hasonlatok segítségével lehet. Az irodalomban számos ilyen hasonlat található, de a jó tanár könnyen találhat eredeti hasonlatokat is. A legfontosabbnak az Avogadro-szám rendkívüli nagyságának érzékeltetését tartom, hiszen ebből értelemszerűen következik egyrészt az atomok és a molekulák kicsisége, másrészt pedig segítségül már a középiskolai szinten értelmezhetővé válik az anyagok tisztaságának rendkívüli volta, aminek azután sok fontos következménye adódik a modern ember számára, melyek ismerete hozzájárulhatna például a környezetszennyezés valós problémáinak realisabb értékeléséhez. Pusztán ennek a kérdésnek a tisztázása elejét vehetné annak, hogy az írott és elektronikus sajtóban olyan közlések jelenjenek meg, mint a napokban (1993. május 7.): „olyan laboratóriumot avattak, melyben lehetővé válik a legkisebb anyagmennyiség kimutatása is”, hiszen a „legkisebb anyagmennyiség” definiálatlan és ezért értelmetlen fogalom.

Bizonyára pedagógiai közhely, hogy a tanítás során élményt kell nyújtani. Aligha tudok nagyobb élményt elképzelni, mint amit a szép, jól megtervezett kémiai kísérletek nyújtanak. Tömerdek ilyen van, elegendő itt csak a közelmúltban megjelent pompás könyve (Rózsahegyí Márta és Wajand Judit: 575 kísérlet a kémia tanításához, Tankönyvkiadó, Bp. 1991.) utalni, de haszonnal forgathatjuk Sztróky Kálmán fél évszázada kiadott remek könyvét (Kémiai kísérletek, Egyetemi Nyomda, Bp. é. n.) is. Persze a kísérlet is csak akkor igazán hasznos, ha nem pusztán felkelti az érdeklődést, hanem segít a megértésben is. Azt hiszem, hogy a tanárnak két dolgot kell elérnie, nevezetesen azt, hogy a diák álmélkodjon és álmélkedjen. Az érdekes megfigyelések, kísérletek alkalmasak az elsöre, a megfelelő magyarázat, értelmezés elősegíti a másodikat. Ez valószínűleg érvényes minden tárgyra, de különösen igaz a kémiára, ahol éppen az a lényeg, hogy a makroszkóposan észlelhető jelenségek mögött megkeressük és értelmezzük az atomi, illetve a molekuláris szintű történéseket. Ez nagy feladat, majd azt írtam, hogy nagy intellektuális kihívás a tanár számára.

A ma tanárának rendkívüli nehézséggel kell megküzdenie, hiszen az utóbbi hat évtized során megsokszorozódtak, és alig remélt mértékben elmélyültek a természettudományos ismeretek általában, és ezen belül a kémia különösen, ugyanakkor a tanításra fordítható idő alig növekedett. De még ha a jelenleginek többszöröse lenne a kémiai ismeretek tanítására fordítható idő az általános- és a középiskolákban, akkor

is számolnunk kellene azzal, hogy milyen rendkívüli absztrakciós készséget követel a modern tudomány eredményeinek megértése. Az is nyilván pedagógiai közhely, hogy az oktatásban mindig alkalmazkodni kell az adott korosztály elvárható absztrakciós készségéhez. Ezért elhibázott az a felfogás, ami sajnos az utóbbi húsz év során a hazai kémiaoktatást is jellemzi, hogy elméletieskedő, és a középiskolában egy miniatűr egyetemi kémiai tananyag tanítását tekintti céljának. A mai kémiaoktatást nem teheti moderné a kvantumkémia eredményeinek, módszereinek taglalása, vagy akár csak az azokra való utalás. Amit ma megtehetünk az az, hogy modellek segítségével értelmezzük az alapvetően fontos tapasztalatokat.

Tekintsünk egy példát, a víz tulajdonságait. Ezek közül talán az a legérdekesebb, hogy sűrűségének 4 °C-on maximuma van, ezért úszik a jég a vízben. Tyndallnak a múlt században sok kiadásban megjelent könyve: „A hő mint mozgás”, melyet a Természettudományi Társulat – Szily Kálmán fordításában – 1874-ben magyarul is kiadott, hosszan és kísérletekre támaszkodva foglalkozik e kérdéssel. Ezt ma sem mellőzhetjük, ma azonban lehetőségünk van arra, hogy modellekben bemutassuk a sajátos viselkedés okát, víz szerkezetében a hőmérséklet hatására bekövetkező változásokat, illetve a víz és a jég szerkezetét. Egy másik példa a kén olvadáskor, illetve további hevítésekor észlelhető jelenség, a cseppfolyós kén viszkozitásának sajátos változása. Míg korábban meg kellett elégedni a csodálatosan érdekes, igazán álmélkodásra késztető jelenség bemutatásával, ma azt egyszerű modellek segítségével a tizenéves gyerek számára is érthető módon tudjuk értelmezni. Ezt meg lehet és meg is kell tenni, de pl. a Schrödinger-egyenletet középiskolában akármilyen problémával kapcsolatban megemlíteni halálos vétkeknek tartom.

Persze, azt lehet felhozni ellenvetésként, hogy az említett modellek a kvantumkémiai megfontolások és számítások eredményeként adódnak. Ebből azonban nem következik az, hogy ezeknek a megfontolásoknak valamilyen szükségképpen végtelenül egyszerűsített, és minden értelmétől megfosztott tárgyalásával kelle-e a drága időt tölteni. Elegendő azt mondani, hogy a tapasztalatok értelmezhetővé válnak, ha az adott modell érvényét tételezzük fel. Egyáltalán: elhibázottnak tartom azt a gyakran hangoztatott felfogást, hogy csak végleges igazságokat tanítsunk, amikkel később bizonyosan nem kerülünk ellentmondásba. Ilyenfajta végső igazságok vannak ugyan, a termodinamika négy főtétele minden bizonynal ezek körébe sorolható, a tanítás során

azonban mindenekelőtt azt kell bemutatnunk, hogy milyen módon jutunk el a *mind teljesebb igazságok*, és nem a *végző igazságok* felismeréséhez. Természetesen amikor csak lehetséges, már az elemi szinten is tárgyalni kell az újabb eredményeket. Erre példa a fullerének felfedezése. Már az általános iskolában meg lehet, sőt, meg is kell említeni, hogy a szénnek nem csupán két kristályos módosulata van, nevezetesen a gyémánt és a grafit, hanem a fullerének családja is. A szembeötlő fizikai tulajdonságokat pedig, legalábbis a középiskolában lehet érzékeltetni a modellek segítségével.

Sajnos, nálunk az általános és középiskolai tanításban a kémia az utóbbi évtizedekben háttérbe szorult. Ennek több oka van. Vannak, akik a kémiát pusztán a fizika egyik sajátos ágának tekintik, mások a biológia kiemelkedő jelentősége miatt tulajdonítanak a kémiának kisebb szerepet. Badarság lenne a természettudományokban valamilyen fontossági sorrendet felállítani, de az aligha lehet kétséges, hogy kémiai szemlélet és jelentős anyagismeret nélkül reménytelen akár a fizika, akár a biológia, akár pedig a mindennapi élet dolgaiban eligazodni. Megnehezíti a kémikusok és a kémiát oktatók helyzetét az a társadalmi helyzet is, amelyben ma élünk. A tudományos és az áltudományos demagógia a természettudományokat általában, a kémiát pedig különösen teszi felelőssé a környezet romlásáért, a hagyományosnál pusztítóbb és szörnyűbb új fegyverek bevezetéséért. Bőségesen eleget tudunk ahhoz, hogy a környezetet a tudomány eredményeivel felelőtlenül sáfárgatók elpusztítsák. Ahhoz, hogy kiutat találjunk a rendkívül fenyegető helyzetből, egyrészt a tudomány eredményeit felhasználó politikusok nagyobb felelősségére, másrészt pedig további tudományos ismeretekre van szükség. Persze, rendeleti úton be lehetne tiltani a műtrágyák és növényvédők szerek használatát, de ez azzal a következménnyel járna, hogy nemcsak Szomáliában, hanem nálunk is éhínség lenne. Nem lenne gond a túltermelés. A környezet megóvása, a századunkban okozott károsodások helyrehozása részben tudományos, részben politikai, illetve gazdasági kérdés. Csak akkor remélhetjük, hogy világunkat megóvjuk, ha tovább fejlődik a természet törvényeinek megismerése, és azoknak az emberiség érdekében, és nem ellenére való felhasználása. Ehhez az is szükséges, hogy a legszélesebb rétegekben növekedjék a természettudományos eredmények, törvényszerűsége ismerete, hogy kevesebben és nehezebben üljenek fel a hamis proféták tanainak.

*Természet Világa 124. évf. 7. szám*