

Dr. Róka András

## A „működés” kémiai háttere

Az atomok, molekulák vagy akár a földkérget alkotó kristályos anyagok (részecske halmazok) mindaddig „halott” struktúrák, míg működésbe nem hozza őket az **energia**. A kvarckristály csak munka árán vet piezoelektromos szikrát, vagy elektromos energia hatására válik ultrahangos adó-vevővé. Energia nélkül nem képződne szőlőcukor, nem lenne tápláléklánc, nem lenne élet a Földön. „**Antennamolekulák**” nélkül viszont hiába van energia. Ha nincs fényelnyelő, nem hasznosul az energia.

A Föld energiakészlete alapvetően két folyamatból származik. A távoli Nap fúziós energiájából, és a geotermikus energiából, ami a Föld belsejében lejátszódó radioaktív bomlás következménye. A Föld felszínén megjelenő és részben hasznosítható energiák, melyeket napjainkban divatosan **alternatív energiáknak** neveznek, lényegében a Naptól származnak. Hiszen a felszíni áramlásokat, a víz körforgását, vagy a szelet a Nap energiája hajtja. A biológiai eredetű „fosszilis” energiahordozók valamikor a tápláléklánc részei voltak. Elhantolódva a geotermikus energia alakította át őket széné, földgázzá és kőolajjá. Ily módon bennük is a Nap energiája konzerválódott.

Az anyag átalakítás tudománya a felvilágosodás során kémiává, az ipari forradalom igényei hatására pedig vegyiparrá fejlődött. A kémiai ismeretek alkalmazásának az ókorban és a középkorban lényegében csak az anyagok átalakítása, például a fémek előállítása volt a célja. Az ipari forradalomtól kezdődően azonban egy új igény is jelentkezett: A gépek, motorok működésének biztosítása. Bár az említett szerkezetek mérnöki találmányok, melyek elsősorban a mechanika törvényei alapján működnek, a mellékesnek tűnő energiaellátás nélkül azonban nincs működés. Ez pedig egyértelműen a kémiai reakció, ezen belül is az égés feladata.

Az ókorban az égésből származó hőt kezdetben csak a talált termésmékek megolvasztására használták. A réz, ón, majd a vas faszenes redukcióval történő előállítása során a hő már az amúgy önként lejátszódó reakció aktiválására fordítódott. A gőzgépek, majd a belsőégésű motorok megszületésével azonban **a felszabaduló energiát már munkára fogták**.

Az anyahajóról is felszálló katonai repülőgépek, az űrrakéták vagy a forma 1-es „rakéták” sebességét az égés sebessége biztosítja. A növekvő igények miatt energiaszegényé váló világunkban nem mindegy, hogy a raktározott energiának mekkora hányadát hasznosítjuk. Ezért napjainkban a teljesítmény növelése mellett fontossá vált a hatásfok növelése is.

### Az energia története

Ha megkérdeznénk, hogy az energia megmarad vagy elvész, valószínű megoszlanának a vélemények. Az energia sokáig érthetetlen tulajdonsága volt, hogy **meg is marad, meg nem is**. Ma már tudjuk, hogy **„nem vész el, csak átalakul”**. A sokféle átalakulási lehetőség megismerése azonban hosszú időbe telt. Az energia átalakításában a kémia fontos szerepet játszik. Nap mint nap hallunk nap-, szél-, vízi-, atom-sugárzási-, elektromos-, mágneses-, felületi-, termikus-, geotermikus-, kémiai- vagy biológiai energiáról. Vajon valóban ennyiféle van belőle vagy ugyanakkor a valaminek különböző megnyilvánulásaival találkozunk? Egyáltalán, mi is az energia?



A félelmet legyőző ősember még csak a közelébe húzódott. Nem is tudta, de már **átalakította**. Hiszen a kő, vagy a lándzsa elhajításakor a szőlőcukor biológiai oxidációja fedezte az energiaszükségletet. Az első energiát átalakító eszköz az új lehetett. A **megmaradó átalakulást** persze

még csak hasznosították, amikor a megfeszített íjban a célzás időtartamára raktározódó rugalmas energia az ellövés pillanatában a nyílveendőbe költözött. Az energia fontossága hamar tudatosult. Az egyiptomiaknál az istenként tisztelt Nap, az alkímia korában Arisztotelész egyik őseleme a Tűz feleltethető meg az energiának. Leibniz „*eleven erőnek*”, Boyle a Napból érkező „*tűzrészecskéknek*”, Stahl az égés során távozó „*flogiszonnak*” nevezte. A szántó-vető, a kovács, a bányász praktikusan csak *munkavégző képességnek* tekintette. A „*minden működés alapja*” csak a XIX. századtól válik egységesen energiává, amikor kezdik tulajdonságait felfedezni, megismerni, megérteni.

### Az energia megmaradása

Az ókorban a csillagok szabályos vándorlása, a napszakok törvényszerű változása a **megmaradás** élményét erősítette. A középkorban a látszat azt sugallta, hogy a „mozgás” **elvész**, hiszen előbb-utóbb abba marad. Csak a felvilágosodás korában fogalmazzák meg az **átalakulás** lehetőségét. A gőzgéppel pedig megszületik az átalakítás módja is.

A tömegvonzás felfedezése után Leibniz rájön, hogy a kölcsönhatásban rejlik „*valami*”, ami a szabadesés során „*mozgássá*” alakul, és amivé a felhajtott kő „mozgása” a tetőponton visszaalakul. Ezért megkülönbözteti egymástól a „rejtőzködő” **helyzeti energiát** és az érzékelhető **mozgási energiát**. Nemcsak felfedezi átalakulásukat, hanem (talán az inga lengése nyomán) kimondja **az összegük megmaradását, a mechanikai energia megmaradásának törvényét**. E szerint egy magára hagyott test esetében **a helyzeti és a mozgási energia összege állandó**:

$E(\text{mechanikai}) = E(\text{összes}) = E(\text{helyzeti}) + E(\text{mozgási}) = \text{állandó}$

A törvény érdekessége, hogy az egyik energia a másik rovására változhat, átalakulhat, miközben az összegük állandó marad. Ha beavatkozunk, a testet húzzuk, emeljük, gyorsítjuk, akkor munkát végzünk. Az energia megmaradás kiterjesztése értelmében, **a végzett munka (W) a test mechanikai energiájának megváltozására fordítódik**:

$W = \Delta E(\text{mechanikai}) = \Delta E(\text{összes}) = \Delta E(\text{helyzeti}) + \Delta E(\text{mozgási})$

Vagy a helyzeti energiája, vagy a mozgási energiája változik, vagy mindkettő.

Csakhogy, amíg a felhajtott kő visszatér, a földre esve már nem mozdul tovább. Előbb-utóbb az inga is leáll. A mozgási energia tehát többféleképpen is átalakulhat. Megmaradón és elveszni látszóan. A tömegvonzás átalakulóan megőrzi, a súrlódás, a közegellenállás felemészti. Leibniz felismerésének mégis van valóságtartalma. Hiszen a Nap körül keringő bolygókra, vagy az atommag által fogva tartott elektronokra nem hat súrlódás, sem közegellenállás. Hiszen ezekben az esetekben nincs is közeg.

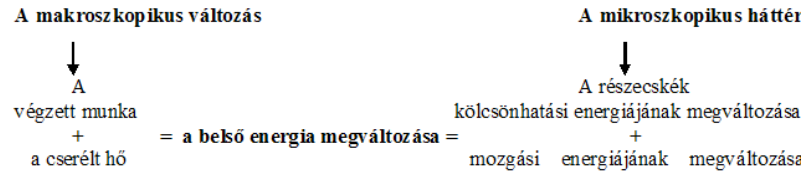
Rumford figyelt fel arra, hogy az ágyúfűrés során a fém felmelegszik. A súrlódás miatt elveszni látszó „mozgás” tehát **hővé alakul**. A mozgási energia nemcsak helyzeti energiává, hanem hővé is alakulhat. Az energia terén ekkor találkozott a kémia a fizikával. Hiszen az égés és a súrlódás ugyanahhoz a jelenséghez, az anyag felmelegedéséhez vezet.

A hőt kezdetben a vízhez hasonló anyagnak, fluidumnak képzelik, ami a magasabb hőmérsékletű helyről az alacsonyabb felé áramlik. Rumford azonban a „*hőanyag*” súlyát mérhetetlennek találta. Ezért a hőt **a részecskék mozgási energiájának tekintette**. A részecskék mozgásában azonban mindaddig kételkedtek, amíg Braun a víz felszínére helyezett pollenek össze-vissza mozgását mikroszkóppal ki nem mutatta. A mozgás ténye mellett rendkívül fontos volt, hogy a hőmozgás a testek mozgásával, vagy a folyadékok áramlásával szemben a tér minden irányában történik. Ezért nevezték el **rendezetlen hőmozgásnak**.

Amíg a tudósok egy része kételkedik az anyag atomos szerkezetében, Helmholtz megkülönbözteti egymástól a testek közötti és a testen belüli történéseket. Az energia átalakulás-átalakítás lényege, hogy ezek sohasem függetlenek egymástól.

Helmholtz a mechanikai energia mintájára bevezeti a **belső energia** fogalmát, ami a halmaz összenergiájaként a részecskék kölcsönhatási energiájának és mozgási energiájának az összege:  $U = E(\text{összes}) = E(\text{kölcsönhatási összes}) + E(\text{mozgási összes})$

Helmholtz szintézisbe foglalja az összegyűlt ismereteket. Az energia megmaradás törvényét kiterjeszti az összes ismert energia átalakításra, és ezzel megfogalmazza **a termodinamika I. főtételét**: Egy anyagi halmaz (rendszer) belső energiája kétféleképpen változhat. Munkavégzés által vagy hőcserével. **A belső energia változása egyenlő a munka és a cserélt hő összegével**, ami a részecskék kölcsönhatási energiájának és mozgási energiájának megváltozásában jelentkezik.



$$W + Q = \Delta U = \Delta E(\text{összes}) = \Delta E(\text{kölsönhatási összes}) + \Delta E(\text{mozgási összes})$$

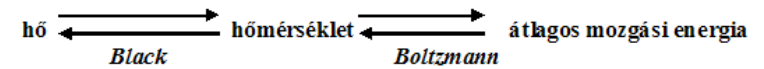
A sűrűdés, közegeellenállás során a testek mechanikai energiája belső energiává alakul, míg a gőzgép munkavégzése során a gőz belső energiáját (a részecskék mozgási energiáját) alakítjuk mechanikai energiává.

A belső energia halmaz szintű fogalom. Azért praktikus, mert egyetlen mennyiséggel kezelhetővé vált a részecske sokaság energiaváltozásának jellemzése. Ugyanakkor, ha a részletekre is kíváncsiak vagyunk, akkor az összeget alkotó energiategyek arányának változását is nyomon követhetjük. Töltsünk meg egy termoszt félig vízzel, helyezzünk bele néhány jégkockát, majd zárjuk le. Jósoljuk meg, majd figyeljük meg, hogy hogyan változik a rendszer hőmérséklete, belső energiája, és hogyan változnak külön-külön az alkotó tagok! A zárt és hőszigetelt termosztban sem az anyagmennyiség, sem az energia nem változhat, és munka sem végezhető. Az **izolált rendszer** belső energiája állandó. A termosztban mégis történik valami. A vízmolekulák mozgási energiájának rovására elolvadnak a jégkockák. A víz lehűl, a „jégkocka felmelegszik” a folyamat végén kialakuló közös hőmérsékletre.

### A rendezetlen belső mozgás jellemzése

A mozgás során észlelt veszteségek a mechanikáról a hőre terelik a fizikusok figyelmét. Ekkor alakulnak ki a hőtan termokémia által is alkalmazott alapfogalmai, törvényei. A hőmérő feltalálása után Black bizonyítja be, hogy ugyanannyi hő a különböző anyagok ugyanakkora tömegű mennyiségét különböző hőmérsékletűre melegíti fel. Ezáltal megkülönbözteti egymástól a hőt és a hőmérsékletet. Bevezeti a „hőtároló-képesség”, fajhő, hőkapacitás fogalmát. Az új fogalmak mikroszkopikus hétérték Boltzmann fejté meg. A gázok viselkedésének tanulmányozása során kimutatja, hogy **a hőmérséklet arányos a részecskék átlagos mozgási energiájával**. A részecskék rendezetlen mozgásának energiája a

hőmérsékleten keresztül összekapcsolódik a hővel. A hő megfeleltethető a részecskék mozgási energiája összegének.

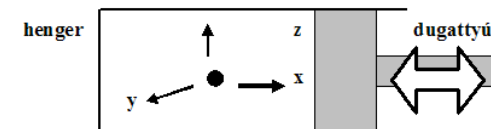


$$\text{átlagos mozgási energia} = \frac{1}{2} m \bar{v}^2 = \frac{3}{2} kT = \text{átlagos termikus energia}$$

Az energia, ezen belül a hő történetében a kémia megkésve, a gőzgépek megjelenésekor lép színre, amikor megkezdődik a fában, szénben „**tárolt napenergia**” hasznosítása. Ez az energia évszázadokon keresztül nem veszett el. A részecskék között kialakuló „belső” kölsönhatás nyomán megmaradóan „**raktározódott**”. Ezért szokás a mindennapokban ezeket az anyagokat energiahordozóknak nevezni.

### A munkára fogott hő / A rendezetlen mozgás egyirányúsítása

Sok időnek kellett eltelni ahhoz, hogy a rendezetlen hőmozgás energiája ne csak az égés öfenntartására fordítódjon, hanem hasznos munkát is végezzen. Ehhez fel kellett találni egy nagyon egyszerű szerkezetet, a hengerben mozgó dugattyút. A henger merev, ellenálló fala nem enged más irányú mozgást, mint a dugattyú elmozdítását. A hőmozgás sokféle irányból a szerkezet kényszere csak egyet engedélyez, ezáltal a dugattyú egyirányú (ide-oda) mozgásba jön. Persze ehhez olyan szerkezeti anyagot kellett kifejleszteni, ami bírja a hengerben uralkodó hőmérsékletet. Mert a fejlődő hőtől közben a henger és a dugattyú is felmelegszik. Csakhogy nem ettől a veszteségtől olyan kicsi a gőzgép hatásfoka. Mert bármilyen okosan kitalált ez a szerkezet, a rendezetlen mozgás energiájának legfeljebb harmadát hasznosíthatja. Hiszen a molekulák kétharmada nem a dugattyú mozgásirányába repül.

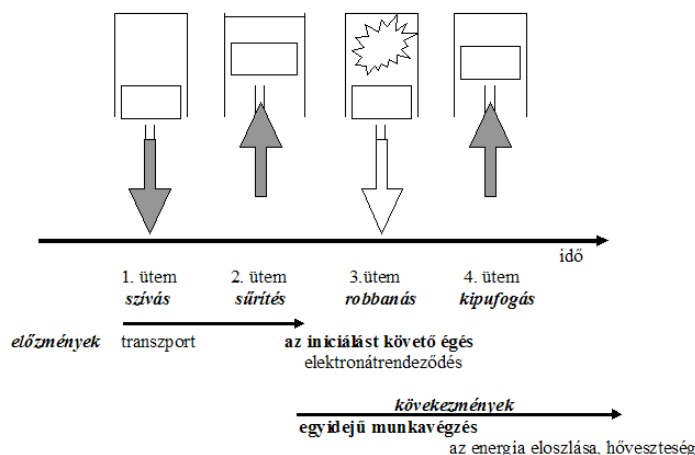


Az első „**hőerőgép**” a gőzgép volt. Kifejlesztése James Watt nevéhez fűződik. Hengerében a táguló gőz mozgatta a dugattyút. Az „A” felületű dugattyúra ható „p” nyomás  $F = pA$  erőt fejt ki, ami a henger hosszának megfelelő „s” elmozduláson  $W = Fs = pAs = p\Delta V$  munkát végez. A gőzgép hatásfoka azonban még a 30%-ot sem éri el, mert az

energia felszabadításának helye (a tüztér) és hasznosításának helye (a kazán és a munkahenger) távol vannak egymástól. A kisugárzott és a szerkezet által elvezetett hő pedig tovább csökkenti a hatásfokot. Korunk „gőzgépe” a villamos erőművek gőzturbinája. Működése során nem dugattyú jön mozgásba, hanem (egy fúvókán átengedve) magát a gőzt kényszerítik egyirányú mozgásra. A nagy sebességgel áramló gőzt a turbinakerék lapátjaival ütöktetik. Ezáltal nagyobb hatásfokú az energia átadása.

Bár a gőzmozdonyok esetében már 1906-ban sikerül a 157 km/h – as sebességet elérni, a cél szárazföldön, vízen és a levegőben egyaránt a sebesség fokozása volt. A gőzmozdonyal nem lehetett csak úgy elindulni, mint napjaink járműveivel. Előbb fel kellett fűteni. Igazából akkor derül ki, hogy mennyire lassú, ha az út megtételéhez ezt az időt is számításba vesszük. Az utazási sebesség növelésének feltétele a reakciósebesség, vagyis az égési sebesség növelése volt. A technikai találmányok egy része a kívánt reakciósebesség elérését szolgálja, míg a többi a hatásfokot növeli.

Az időben egymást követő elemi lépések az egyhengeres belső égésű motorban



A belső égésű motorok tüzelőanyaga a benzin vagy a gázolaj. A diszperziós erők miatt amúgy is könnyen illanó folyadék elpárologtatása kevesebb energiát von el a reakcióhőből, mint a szén kovalens kötéseinek megbontása. A gázfázisú reakció ráadásul gyorsabb is, mint a szén heterogén fázisú égése. A motortest által elnyelt hő részben hasznosul az üzemanyag elpárologtatása során. Az endoterm folyamat pedig hűti a

motort. A nagy találmány mégis **a reakcióter és a munkatér közötti távolság megszüntetése** volt. Hiszen az üzemanyag égése a hengerben (munkatérben) játszódik le, és a munkát végző közeg maga a végtermék, a füstgáz, ami a szelepek megnyílásakor „kipufog”. Ezáltal a rendezetlen hőmozgás energiája a keletkezés helyén, már a keletkezés pillanatában hasznosul. A munkavégzés (a reakció és a tágulás) sebessége összemérhetővé vált a hővezetés sebességével, ezért az energia átalakítása hatékonyabb lett.

A reakcióelegy „begyújtása” az üzemanyag tulajdonságának megfelelően kétféleképpen történhet. A benzin elágazó láncú, gömbszerű szénhidrogén molekulái jól bírják a nyomás növekedését („kompressziót”), ezért időzített elektromos szikra gyújtja be a reakcióelegyet (benzin üzemű Otto-motorok). A gázolaj egyenes láncú molekulái azonban már a kompresszióból adódó felmelegedéstől „töredeznek”. A képződő gyökök, a láncvégek párosítatlan elektronja miatt már reakcióképesek. Ezért a Diesel által fejlesztett motorokban gázolaj öngyulladását használják ki.

### A folyamatok egymásra építése

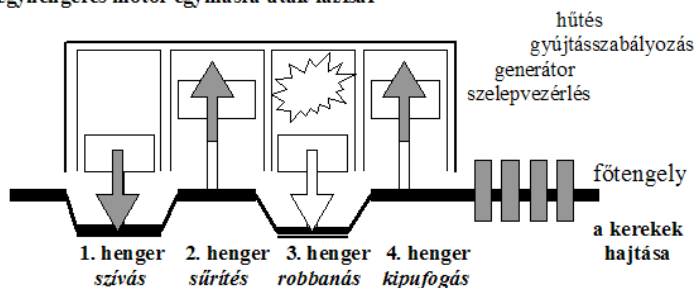
Az első belső égésű motort Étienne Lenoir 1862-ben építette. Az első eladásra szánt automobil 1885-ben gurult ki Karl Benz műhelyéből. Az elmúlt 150 évnyi idő alatt tízszeresére nőtt a verdák sebessége. Az energia megmaradás törvénye alapján egyszerű végiggondolnunk, hogy a nagyobb sebességgel járó nagyobb mozgási energia eléréséhez ugyanannyi idő alatt több kémia energiát kell átalakítani, és a reakcióhőnek minél nagyobb hányadát hasznosítani. A fejlesztések száma úgy tűnik, még napjainkban is végeláthatatlan.

A teljesítmény növelése érdekében kezdetben a hengerek számát és „úrtartalmát” növelték. A nagyobb térfogatú hengerben a több üzemanyag elégetése nagyobb tolóerőhöz, az áttételeken keresztül nagyobb gyorsító erőhöz vezetett. A hengerek egymásra építésével (soros motor) nemcsak egyenletesebbé vált a motor „járása”, hanem az autó is gyorsabb lett. Hiszen a négy hengeres motor esetében egy henger munkafázisa alatt négy henger dolgozik. Egy „robbanás” helyett négy következik be. A „robbanás” fázisában lévő henger munkája nemcsak a „hajtásra” fordítódik, hanem előkészíti a többi hengert is. A közös tengely kiképzésének köszönhetően a vele azonos irányba mozgó henger beszívja az üzemanyagot („szívás”), míg az ellentétes irányba mozgó hengerek



egyikében komprimálja a robbanóelegyet („sűrítés”) a másiktól pedig kitolja a füstgázokat („kipufogás”).

A négyhengeres motor egymásra utalt fázisai



A belső égésű motorok teljesítményének látványos növelése a második világháború idején, a vadászgépek fejlesztése során vált igényé. A repülőgépeknél alkalmazott találmány hamarosan az autógyártásba is beköltözött. Ennek az a lényege, hogy nem a henger űrtartalmát növelik, hanem nagy nyomással **több robbanóelegyet préselnek a hengerbe**, mint amennyit egyenként beszívna. A préselést egy turbina (a „*turbó feltöltő*”) végzi, amit a füstgázok hajtanak meg. Ily módon a távozó füstgáz mozgási energiája részben hasznosul.

A növekvő energiahiány következtében közben igényé vált a gazdaságosság is. A hatásfok növelése érdekében a tervezők és a gyárak a modern technika szinte összes vívmányát bevetették. A könnyű szerkezeti anyagok alkalmazásával csökkentették a tömeget, az áramvonalas karosszériák tervezésével kisebb lett a légellenállás. A rendezetlen hőmozgás jobb hasznosítása érdekében domborították a dugattyút, és homorították a hengerfejet. A teljesítményhez alkalmazkodóan injektálják az üzemanyagot, a számítógépes vezérléssel optimális pillanatban érkezik a gyújtás. Jobb minőségű kenőanyagok előállításával csökkentik a súrlódást, adalékanyagokkal javítják az üzemanyag égési sebességét. Ígéretes találmány a Felix Wankel által fejlesztett „forgó dugattyús” motor. Ebben a dugattyú nem oda-vissza mozgásra, hanem forgó mozgásra kényszerül. Így a turbinához hasonlóan a munkát végző közeg közvetlenül a tengelyt forgatja meg.

### A csúcsteljesítmény, a sugárhajtómű

A belső égésű motorok hamarosan bevonultak a repülés történetébe is. A nagyobb teljesítmény iránti igényt kezdetben itt is a

hengerek számának és űrtartalmának növelésével igyekeztek kielégíteni. A legerősebb motorokkal már a 700 km/h-ás sebességet is elérték. Az ilyen típusú fejlesztésnek azonban határt szabott a tömeg növekedése. Olyan hajtóműre volt szükség, ami a kis tömeg ellenére is képes volt nagy mennyiségű üzemanyag elégetésével a megfelelő tolóerőt biztosítani. A cél tehát változatlanul a reakciósebesség növelése volt. A megoldás a **sugárhajtómű** lett, ami már a rakétaelv alkalmazásával hozza mozgásba a repülőt. A lendület-megmaradás törvényének kihasználása már tulajdonképpen a légcsavaros repülőgépeknél megjelenik. Ezeknél az üzemanyag kémiai energiája a légcsvar forgási energiájává alakul. Amikor a légcsvar áramlásba hozza a levegőt, a forgási energia a közeg áramlási energiájává alakul. A lendület megmaradása miatt a levegő elmozdításával ellentétes irányban a repülő is elmozdul.

A propeller nélküli hajtómű az áramlási sebességet növeli. Méghozzá úgy, hogy nem a környező levegőt hozza mozgásba, hanem a nagy sebességgel kiáramló égéstermék tolóerejét használja ki. A nagy mennyiségű üzemanyag gyors elégetéséhez azonban sokkal több levegő szükséges. Ezért a kiáramló „füstgáz” egyúttal két turbinát is meghajt. Az egyiket azért hozza forgásba, hogy a közös tengelyre szerelt másik elegendő levegőt sűrithessen az üzemanyag elégetéséhez. A forgó szerkezet a reakciósebesség látványos növelését szolgálja. A „turbókompresszor” működtetése tulajdonképpen visszacsatolás. Az égést követő lépés (a turbó meghajtása) **mechanikai módon történő visszacsatolás** az égést megelőző-előkészítő eseményekre. A füstgázok által meghajtott **turbina** az égéstér mögött helyezkedik el, míg a közös tengelyre épített **kompresszor** értelemszerűen az égéstér előtt található. A sugárhajtóműre az angol Frank Whittle nyújtott be először szabadalmat 1928-ban. Ha figyelembe vesszük, hogy az égésről abban az időben nem sokkal tudtak többet, mint hogy oxigén kell hozzá, még elismerésre méltóbb a találmánya.

Az utasszállító gépek „turbólégcsavaros” hajtóműve abban különbözik a vadászgépek hajtóművétől, hogy a közös tengelyre harmadik „turbinaként” óriás léglapátokat is szerelnek. Így a soklapátos „légcsvar” által keltett áramlás is részt vesz az utazó sebesség kialakításában. A modern „turbófan” hajtóművekben a propellerlapátok háromszor annyi levegőt tolnak hátra a hajtómű mellett, mint amennyit a turbókompresszor sűrít a hajtóműbe az üzemanyag elégetéséhez.

## GONDOLKODÓ



### „MIÉRT?” (WHY? WARUM?)

*Alkotó szerkesztő: Dr. Róka András*

Ebben a rovatban általatok is jól ismert jelenségek, vagy otthon is elvégezhető kísérletek magyarázatát várjuk el tőletek. A feladatok megoldásával minden korosztály próbálkozhat, hiszen a jelenséget különböző tudásszinten is lehet értelmezni. Éppen ezért rész megoldásokat is be lehet küldeni! A lényeg az ismeretek mozgósítása, az önálló elképzelés bizonyító erejű kifejtése. A kérdéseket (olykor) szándékosan fogalmazzuk meg a mindennapok nyelvén, hogy – reményünk szerint – minél inkább a lényegre irányítsuk a figyelmet. Jó szórakozást és sikeres munkát kívánunk!

*A formai követelményeknek megfelelő dolgozatokat a nevezési lappal együtt a következő címen várjuk 2009. március 30-ig postára adva:*

**KÖKÉL „Miért”**

ELTE Főiskolai Kémiai Tanszék

Budapest Pf. 32.

1518

1. Tanulmányaitok során kellő tapasztalatot kellett gyűjtenetek ahhoz, hogy meg tudjátok különböztetni egymástól a fizikai és a kémiai változást. Melyik történik akkor, amikor az ultrabolya sugárzás, elektromos szikra vagy ívfény hatására a levegő oxigénjéből ózon keletkezik? Miért?

2. Fenolftaleines meszes vízbe szárazjég rudacskákat helyezünk. Az indikátor „piros” színe fokozatos elhalványodik, az oldat opálössá válik, végül kitisztul. Mi történt az egyes lépések során?

3. Hogyan „működik” a jódtinktúra? Milyen (elemi) lépések követik egymást az alkoholos oldat felvitelétől kezdődően?

4. A mozdulatlan gyertyalánghoz (például csipesz segítségével) oldalról közelíts konyhasó kristályokat! Ha sikeres a kísérleted, akkor néhány pillanatra láthatóvá válik a láng láthatatlan része. Miért?

(Csipesz híján egy fogpiszkáló, vagy egy gyufaszál megnedvesített végéhez is tapad elegendő sókristály a kísérlet elvégzéséhez. Gyufaszál esetén természetesen ne a gyújtófejű végével próbálkozz!)

5. Kémiai szempontból elsősorban milyen vegyület alkotja bőrünk legkülső, elszarusodott hámrétegét? Mi történik akkor, amikor a hipós vízből kivéve síkos tapintásúnak érezzük ujjainkat?

6. Mi a hasonlóság és mi a különbség az oltott mész és a hipó bőrünkre gyakorolt hatása között?

7. Mi a hasonlóság és mi a különbség az alábbi két folyamat között?

- Fa pálcikák (például gyufaszálak) hevítése anaerob (levegőtől elzárt) körülmények között.
- Fa pálcikák (például gyufaszálak) tömény kénsavba történő helyezése.

(A gyufaszálakról a gyújtófejet természetes eltávolítottuk!)

## Feladatok kezdőknek

Alkotó szerkesztő: Tóth Albertné  
[toth.albertne@freemail.hu](mailto:toth.albertne@freemail.hu)

### Megoldások

(Elérhető max.pontszám feladatonként :5 pont)

#### K91.

Jelöljük a csapat **x**-szel, a locsolót **y**-nal, a gyufát **z**-vel, a serleget **w**-vel! Az ábra értelmében:  $2x + y = 78$ , illetve:  $2x + z = 63$ . A második egyenletet kivonva az elsőből, kapjuk:  $y - z = 15$ . Ez utóbbiból:  $y = 15 + z$ , mellyel egyenértékű állítás, hogy  $2y - 2z = 30$ . Az ábra felső sorának alapján:  $2y = 75 - z$ . A két egyenlet összevonásából adódik:  $30 + 2z = 75 - z$ . Az ismeretlen értéke **z=15**. További behelyettesítéssel kapjuk:  $x = 24$ ,  $y = 30$  és  $w = 5$ . A „?” száma: **80**. A számokhoz, mint rendszámokhoz a következő elemek rendelhetők: 30: cink (Zn), 24: króm (Cr), 15: foszfor (P), 50: ón (Sn). A felsorolt elemek a tárgyak fő komponensei ötvözetként, vagy vegyület formájában. A locsolókanna horganyzott bádógból készült, ami nem más, mint cinkkel bevont vaslemez. A gyufa – Irinyi János zajtalanul gyulladó – „gyújtófács-kájának feje” régen fehér foszfort tartalmazott, de ez mérgező és tűzveszélyes volt. A mai biztonsági gyufa a gyufásdoboz oldalán tartalmazza a vörösfoszfort, kiküszöbölve az említett hibákat. A króm a mosdó-, és mosogatógagylók nélkülözhetetlen sav-, és lúgálló, fényesen csillogó felületet biztosító ötvözője. A serleg tiszta ónból, de bronzból is készülhetett, rézzel vegyítve. Edények, dísz tárgyak fő korrózióálló anyaga.

Sebő Anna 9.oszt.tan. ELTE Apáczai Csere János Gimnázium

#### K92.

Az atomok sugara, átmérője, kötéstávolsága alapján lineáris nagyítást számolhatunk, míg a gömb méretének nagyítása a térfogatának nagyítását jelenti. Mivel a gömb térfogata átmérőjének 3. hatványával arányos, ezért a nagyított gömb térfogata a lineáris nagyítás köbe lesz. A szénatom átmérője a pálcika modellben  $D = 8,00 \text{ mm} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ , a valós  $d = 2,77 \text{ pm} = 154 \text{ pm} = 1,54 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ . A lineáris nagyítás:  $N = D / d = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m} / 1,54 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 5,19 \cdot 10^7$ . A térfogat  $V = 4r^3 \pi / 3$  képlete és  $r = d / 2$  alapján a gömb méretének nagyítása  $N_g = D^3 / d^3$

$N = (D / d)^3$ , vagyis  $N_g = (5,19 \cdot 10^7)^3$ . Behelyettesítve kapjuk:  $N_g = 1,39 \cdot 10^{23}$  (A lineáris nagyítást is elfogadtam. Szerk)

A C—C kötés nagyítása:  $N = L / l = 10^{-1} \text{ m} / 1,54 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 6,49 \cdot 10^8$ .

A gyémánt kristályának térkitöltése számításához kiindulhatunk abból, hogy  $1 \text{ cm}^3$ -nyi kristály tömege 3,50 g. A moláris tömeg ( $M(\text{C}) = 12 \text{ g/mol}$ ) és a  $6 \cdot 10^{23}$  az Avogadro szám ismeretében adódik, hogy  $1,75 \cdot 10^{23}$  db atom van  $1 \text{ cm}^3$  térfogatban. A már ismert összefüggés  $V_1 = 4r^3 \pi / 3$  és adat  $r = 77 \text{ pm} = 7,7 \cdot 10^{-9} \text{ cm}$  behelyettesítésével megkapjuk egy atom térfogatát:  $V_1 = 1,912 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^3$ . Az összes atom térfogata  $1,912 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^3 / \text{db} \cdot 1,75 \cdot 10^{23} \text{ db} = 3,346 \cdot 10^{-1} \text{ cm}^3$ . Ez 33,46 %. Mohs-skála: Az önkényes skálát 1812-ben készítette egy német mineralógus Friedrich Mohs. A különböző ásványok keménységét akarta valamilyen skálába rendezni. Azt a tulajdonságot használta ki, hogy minden ásvány karcolja a nála puhább, így a skálán előtte álló ásványt. A 10-es skála 10.helyén a találjuk a legkeményebb ásványt a gyémántot.

Varga Bence 10.o.tan., Zrínyi Miklós Gimnázium Zalaegerszeg

#### K93.

a.) Az Atomium a vas tércentrált kockarácsának egy elemi celláját ábrázolja. A vasnak ismeretes ezen kívül a laponcentrált kockarácsa is. Az első, a "hideg" vas rosszul; a tömörebb illeszkedésű, nagyobb koordinációs számú „izzó” vas jól megmunkálható. Tehát: lehetett volna más rács típust is választani, de az a modell több atomból áll, s így súlyosabb is és költségesebb is lett volna a kompozíció.

b.) Egy gömb átmérője 18m ,a nagyítás közölt mértéke  $1,65 \cdot 10^{11}$ -szeres, tehát egy vas atom átmérője  $18 \text{ m} : 1,65 \cdot 10^{11} = 1,091 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 109,1 \text{ pm}$ , a sugár értéke 54,55 pm. A szakirodalom szerint a vas atom sugara 126 pm, mely alapján megállapíthatjuk, hogy az eltérés igen-igen nagy. Javára írhatjuk azonban az Atomiumnak, ha a méretviszonyaiban éppen az tükröződik, hogy a rácspontokon nem atomok, hanem pozitív töltésű atomtörzsek rezegnek. Irodalmi adatok:  $\text{Fe}^{2+}$  és  $\text{Fe}^{3+}$ -ionok sugarára 76pm és 64pm. Ezek alapján 17-20 %-os eltérésről beszélhetünk.

c) Azért illik az alumínium témaköréhez is, mert az Atomiumot alumíniumból készítették el.(2002-2006 között váltotta fel az Al-t acél borítás.)

d.) Az egész lemez tömegét 100 %-nak véve megállapíthatjuk, hogy ez a tömeg 2,00cm-es, azaz 20,0 mm –nyi vastagsághoz tartozik. 1mm-es lemez vastagságra a fém tömegének 1/20-ad része, vagyis  $100\% / 20 = 5\%$ -a jut.

Válasz: mindkét fém esetén az eredeti tömeg 5,00%-a oxidálódik.

A levegővel való érintkezés során olyan vegyület keletkezik, melynek tömege nagyobb a fém tömegétől, így összességében mindkét lemez tömege nagyobb lesz az eredetitől. Tekintsünk egy Al-lemez 2 cm hosszú, 2 cm széles, 2 cm magas darabkáját! Ennek a tömege az  $m = \rho \cdot V = \rho \cdot a^3$  összefüggés alapján 21,6 g. A fém 5%-a  $0,05 \cdot 21,6 \text{ g} = 1,08 \text{ g}$  fém oxidálódik. Reakció:  $4\text{Al} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3$ . A reakcióegyenlet alapján megállapítható,  $4 \cdot 27 \text{ g} = 108 \text{ g}$  Al 96g oxigénnel lép reakcióba, ekkor 204 g  $\text{Al}_2\text{O}_3$  keletkezik. 1,08 g Al esetén az  $\text{O}_2$  tömege 0,96 g, az  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -é 2,04 g. A kémiai reakció során a tiszta fém tömege 1,08 g-mal csökkent, a keletkező vegyület 2,04 grammal növelte a lemez tömegét. A 21,6 g-os lemez az oxidos bevonat miatt  $m = 21,6 \text{ g} - 1,08 \text{ g} + 2,04 \text{ g} = 22,56 \text{ g}$  tömegű lett. Tömegnövekedése:  $m/m\% = (0,96 \text{ g} / 21,6 \text{ g}) \cdot 100\% = 4,44\%$ . Vas esetén egy ilyen méretű lemez  $m = 7,86 \text{ g/cm}^3 \cdot 8 \text{ cm}^3 = 62,88 \text{ g}$ . Levegő hatása az 5%-nyi, azaz  $0,05 \cdot 62,88 \text{ g} = 3,144 \text{ g}$  vasra:

$4 \text{ Fe} + 3 \text{ O}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{FeO}(\text{OH})$ . A moláris tömegek ismeretében kiszámíthatjuk, hogy 3,144 g vasból 5,01 g  $\text{FeO}(\text{OH})$  lesz. Többet: 5,01 g-3,144 g = 1,866 g, ez  $(1,866 \text{ g} / 62,88) \cdot 100\% = 2,97\%$ .

*Palanca Vivien 9.oszt.tan.Táncsics Mihály Gimnázium, Kaposvár*

#### K94.

Induljunk ki 100 mól ólomból! Ennek teljes tömege 20 723,57 g. Számoljuk ki a két ismeretlen gyakoriságú izotóp tömegét 100 mól ólomban! Ehhez ki kell vonni az ismertek tömegét a fentiből.

$1,54 \text{ mól} \cdot 203,97307 \text{ g/mól} = 314,1190 \text{ g}$ ; ez a  $^{204}_{82}\text{Pb}$ .

$53,22 \text{ mól} \cdot 207,97664 \text{ g/mól} = 11 068,517 \text{ g}$ ; ez a  $^{208}_{82}\text{Pb}$ .

A két kérdéses izotóp tömege:  $20 723,57 \text{ g} - (314,1190 \text{ g} + 11 068,517 \text{ g}) = m_{(x,y)} = 9340,934 \text{ g}$ , %-os együttes gyakoriságuk:  $100\% - (54,22 + 1,54)$ ,

azaz: 45,24%. Jelöljük x-szel a  $^{206}_{82}\text{Pb}$  izotóp móljainak a számát! Ezért:

$205,97446 \cdot x + (45,24 - x) \cdot 206,97590 = 9340,934$ , ebből  $x = 22,62$

A másik izotóp gyakorisága  $y = 45,24 - 22,6 = 22,62$ .

Megállapíthatjuk, hogy a két kérdéses izotóp egyforma gyakoriságú.

A kérdésben szereplő izotópokra:  $^{204}_{82}\text{Pb} : ^{206}_{82}\text{Pb} : ^{208}_{82}\text{Pb} = 1,54 : 22,62 = 77 : 1131$

arányú az előfordulási valószínűség egymáshoz képest.

*Gál Szabolcs 9.oszt.tan.Szent István Gimnázium, Budapest*

#### K95.

Célszerűnek látszik elsőként a **neon** relatív atomtömegének kiszámítása:

$A_r = 0,90920 \cdot 19,99244 + 0,00257 \cdot 20,99385 + 0,08823 \cdot 21,99138 = 20,1714$

Az Ar/He = 9,9800 és Ar/Ne = 1,9800 értelmében  $\text{He} \cdot 9,9800 = \text{Ne} \cdot 1,9800$ .

(A vegyjelek a gázok sűrűségét, illetve moláris tömegét képviselik, mert

$\rho_1 / \rho_2 = M_1 / V_M : M_2 / V_M = M_1 / M_2$ ), számszerűen:

$\rho_{\text{He}} / \rho_{\text{Ne}} = M_{\text{Ne}} \cdot 1,9800 / 9,9800 = 20,1714 \cdot 1,9800 / 9,9800 = 4,00194$ .

**$A_2$  He izotóp relatív atomtömege 4,00194.**

A  $^{40}_{20}\text{Ar}$  izotópra vonatkozóan megállapítjuk a relatív atomtömegét:

$A_r(\text{Ar}) = 1,98 \cdot 20,1714 = 39,9393$ .

x-szel jelölve  $^{40}_{20}\text{Ar}$  relatív atomtömegét:  $0,99600 \cdot x + 0,00063 \cdot 37,96272 + 0,00337 \cdot 35,96754 = 39,9539$ .

**$A_{20}$  Ar izotóp relatív atomtömege 39,9539.**

*Vass Csaba 9.o. Bethlen Gábor Ref. Gimnázium Hódmezővásárhely*

#### K96.

a.) 100 g mangán-oxalát tartalmaz 38,43 g **Mn**-t, 44,77 g **O**-t, 16,80g **C**-t. Az egyes alkotók tömegei osztva az illető elem moláris tömegével, megadja a 100 g vegyületben lévő elemek anyagmennyiségeit. Rendre:

$n(\text{Mn}) = 38,43 \text{ mol} / 54,9 = 0,7 \text{ mol}$ ,  $n(\text{ox.}) = 2,8 \text{ mol}$ ;  $n(\text{C}) = 1,4 \text{ mol}$

A vegyület képletében egész számok szerepelnek, így az anyagmennyiségek arányai, 0,7:2,8:1,4 az 1:4:2-re módosul. Képlet: **MnC<sub>2</sub>O<sub>4</sub>**.

b.) A sókban fémionok helyettesítik a sav H-jeit, így a képlet **H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>**

A kristályvíz tartalmú sókasav képletét az előző gondolatmenettel határozzuk meg: keressük a vízmentes sav és a kristályvíz  $n_1:n_2$  arányát.

	I. minta	II. minta
Kristályos oxálsav tömege(g)	33,41-35,40 = 4,01	38,89-35,88 = 3,01
Vízmentes oxálsav tömege (g)	38,26-35,40 = 2,86	38,03-35,88 = 2,15
Kristályvíz tömege (g)	4,01-2,86 = 1,15	3,01-2,15 = 0,86
Vízmentes sav molszáma	2,86/90=0,03 mol	2,15/90 = 0,024 mol
Kristályvíz molszáma	1,15/18 = 0,06 mol	0,86/18 = 0,048 mol
Vízmentes sav : kristályvíz anyagmennyiségei	0,03: 0,06 = <b>1 : 2</b>	0,024:0,048 = <b>1 : 2</b>



A kristályos sósavas képlete:  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Magyari Sarolt 8.oszt.tan. Fazekas Mihály Gyak.Ált. Isk. és Gimn Budapest

### K97.

a) Az atomok elektronvonzó képességét elektronegativitásnak nevezzük. Az alkálifémek EN-a kicsi, a halogénelemeké nagy. Amennyiben a keresett alkálifém elektronegativitását  $x$ -szel jelöljük, akkor a feladat értelmében:

$4x - x = 3 \rightarrow x = 1$ . Az alkálifémé  $\text{EN}_1 = 1$ , a halogénelemé  $\text{EN}_2 = 4$ .

b.) A 4-es EN érték egyetlen halogénelemhez, a fluorhoz, az  $\text{EN}=1$  csakis a Li-hoz tartozhat az alkálifémek közül. Ez a két elem azért kitüntetett a többi között, mert a Pauling által megalkotott EN-i skála két alappontját képezik.

c) A kérdéses vegyület a  $\text{LiF}$ , a lítium-fluorid.

d) A két elem hidrogénnel alkotott vegyülete a  $\text{LiH}$  (lítium-hidrid), s a  $\text{HF}$  (hidrogén-fluorid). A  $\text{LiH}$  standard körülmények között szilárd, a  $\text{HF}$  gáz mert a  $\text{HF}$  forráspontja  $19,5^\circ\text{C}$ .

e) A  $\text{HF}$  erősen poláris vegyület. Halmazában a molekulák között hidrogénkötés alakulhat ki. Ennek következményeként jönnek létre ún. dimerek, ill. a hőmérséklettől függően hosszabb láncolatok is kialakulhatnak. Ezeknek a molekula-asszociátumoknak ( $M=40\text{g/mol}$ ;  $M=60\text{g/mol}$ ) nagyobb a levegő  $M_{\text{átl}}=29\text{g/mol}$  moláris tömegétől a moláris tömegük, így a sűrűségük is.

Tóth Ferenc 9.o.tan., Szent Bazil Oktatási Központ Hajdúdorog

### K98

Az általánosan  $\text{FSO}_3\text{H}-\text{MeF}_x$ -nek jelölt képletben az „Me” egy ismeretlen fémet, az „ $x$ ” egy meghatározandó index számot jelöl. A „mágikus sav” fém-ionra nézve  $38,43\text{ m/m}\%$ , illetve  $8,33\text{ mól}\%$ .

Általános képlet:  $\text{FSO}_3\text{H}-\text{MeF}_x$ ; ez alapján a molekula  $(7+x)$  atomból áll:  $n(\text{F}) = 1+x$ ;  $n(\text{S}) = 1$ ;  $n(\text{O}) = 3$ ;  $n(\text{H}) = 1$ ;  $n(\text{Me}) = 1$

A mol%-ra vonatkozó információt felhasználva:  $n(\text{Me}) / (7+x) = 0,0833$ ,  $1 / (7+x) = 0,0833 \rightarrow 1 = 0,0833(7+x) \rightarrow x = 5$ .

Összegképlet:  $\text{MeHF}_6\text{SO}_3$

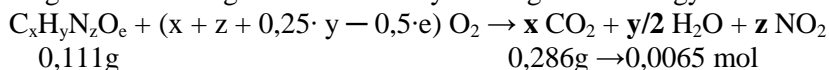
Moláris tömeg:  $(M_x + 1 + 6 \cdot 19 + 32 + 3 \cdot 16)$ , ennek  $38,43\%$ -a a Me vegyjelű és  $M_x$  moláris tömegű fém.  $(M_x + 195) \cdot 0,3843 = M_x$ . Ebből:  $M_x = 121,71$ .

A „mágikus sav” képlete:  $\text{FSO}_3\text{H}-\text{SbF}_5$

Rutkai Zsófia 9.oszt.tan. Jedlik Ányos Gimnázium Budapest

### K99.

Jelölje a Lidocain képletét:  $\text{C}_x\text{H}_y\text{N}_z\text{O}_e$  általános képlet, ahol a  $x : y : z : e$  meghatározandó egész számok aránya. Az égés reakcióegyenlete:



$$0,111\text{g} \qquad \qquad \qquad 0,286\text{g} \rightarrow 0,0065\text{ mol}$$

Az egyenletből látható:  $0,0065\text{ mol CO}_2$  van, ebben  $n(\text{C}) = 0,0065\text{ mol}$  a szén, tömege  $0,078\text{ gramm}$ . Felhasználva nitrogén és oxigén %-os részesedését, kiszámíthatjuk e két elem tömegét:  $0,014\text{g}$ , ill.  $0,008\text{g}$ . Az atomtömegek ismeretében adódnak:  $n(\text{N}) = 0,001\text{ mol}$ ,  $n(\text{O}) = 0,0005\text{ mol}$ .

A tömegmegmaradás törvényének alkalmazásával kapjuk a H tömegét:

$$m(\text{H}) = 0,111\text{ g} - 0,014\text{ g} - 0,008\text{ g} - 0,078\text{ g} = 0,011\text{ g} \rightarrow n(\text{H}) = 0,011\text{ mol}.$$

$$\text{C:H:N:O} = 0,0065:0,011:0,001:0,0005 \rightarrow \text{C:H:N:O} = 13:22:2:1$$

A Lidocain képlete:  $\text{C}_{13}\text{H}_{22}\text{N}_2\text{O}$

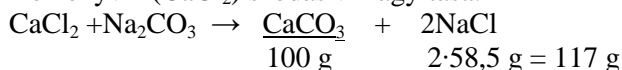
A szakirodalomban (Gyógyszertan és gyógyítás) a Lidocainra  $\text{C}_{14}\text{H}_{22}\text{N}_2\text{O}$  összegképletet találtam a hozzátartozó szerkezeti képlettel együtt.

Szarvas Kata 10.o. Budai Nagy Antal Gimnázium Budapest

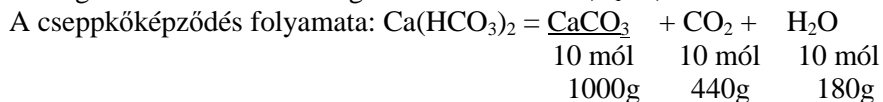
Több versenyző (Gál Szabolcs, Horváth Timót, Varga Bence, Vass Csaba, Tóth Ferenc) is jelezte hogy az aktuális irodalmi források  $\text{C}_{14}\text{H}_{22}\text{N}_2\text{O}$  összetételűnek közlik a Lidocaint. Mint a feladat közölte, először, 1946-ban így állították elő az érzéstelenítőt. A gyógyszerek közül nagyon soknál egy bizonyos alapváz állandó, s a hozzá kapcsolódó oldalláncok, ligandumok változnak, vagy variálódhatnak. Ennek gyártástechnológiai, üzleti okai is lehetnek, de esetenként a jobb hatásmechanizmus érdekében változik némiképp az összetétel (az antibio-tikumoknál gyakori). Szerk.

### K100

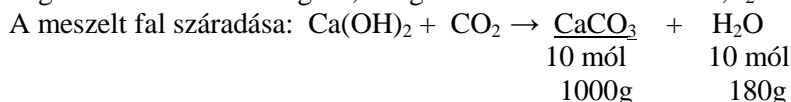
Keményvíz ( $\text{CaCl}_2$ ) szódás vízlágyítása:



$1000\text{ g}$  mészkő mellett  $1170\text{ g}$  melléktermék van,  $f_1 = 1,17$



$1\text{ kg}$  mészkő mellett  $620\text{ g} = 0,62\text{ kg}$  melléktermék keletkezik,  $f_2 = 0,62$



1 kg mészkő mellett 180g = 0,18 kg melléktermék keletkezik,  $f_3 = 0,18$

Égetett mész és szén-dioxid reakciója:  $\text{CaO} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$

1mól= 100

10 mól=1000g=1kg

A mészkő keletkezése során nincs hulladék,  $f_4 = 0$

Bosits Miklós 9.o.tan. Érd, Vörösmarty Mihály Gimnázium

### Eredmények az I-II.forduló után (max. 50 pont)

	Név:	Iskola	I.	II	Össz pont
1	Bosits Miklós	Érd,Vörösmarty Gimn.	24	24	48
2	Fésüs Viktória	Táncsics Gimn.Kaposvár	20	16	36
3	Gál Szabolcs	Szt.István Gimn. Bpest.	21	20	41
4	Holló Beatrix	Patrona Hungariae Bpest	6	-	6
5	Horváth Timót	Táncsics Gimn.Kaposvár	13,5	15	28,5
6	Kiss Veronika	Patrona Hungariae Bpest	4	-	4
7	Körmendi Rita	Patrona Hungariae Bpest	-	5	5
8	Magyari Sarolt	Fazekas M. Gimn.Bpest	23,5	23	46,5
9	Martonosi Péter	Bethlen Gimn.Hódmező.	10	-	10
10	Nagy Áron	Bethlen Gimn.Hódmező.	7	-	7
11	Nagy Fruzsina	Fazekas M. Gimn.Bpest	15	16	31
12	Nagy Imre	Gör.kat.Gimn.Hajdúdorog	-	10	10
13	Pacsai Anna	Patrona Hungariae Bpest	8	-	8
14	Palanca Vivien	Táncsics Gimn.Kaposvár	23	10,5	33,5
15	Pálfi Dóra	Németh L.Gimn.Bpest	17	-	17
16	Rutkai Zsófia	Jedlik Á.Gimn.Bpest	21	20	41
17	Sándor Alexandra	Németh L.Gimn.Bpest	4	-	4
18	Sebő Anna	Apáczai Cs.J.Gimn.Bpest	23	25	48
19	Süle Viktor	Gimn.Nyárád	8	-	8
20	Szarvas Kata	Budai Nagy A.Gimn.Bpest	21	24,5	45,5
21	Tuza Réka	Patrona Hungariae Bpest	16	-	16
22	Vadkerti Virág	Patrona Hungariae Bpest	9	-	9
23	Varga Bence	Zrínyi M.Gimn.Zalaegersz	25	25	50
24	Vass Csaba	Bethlen Gimn.Hódmező.	20	18,5	38,5
25	Tóth Ferenc	Gör.kat.Gimn.Hajdúdorog	-	25	25

A formai követelményeknek megfelelő dolgozatokat a következő címen várjuk 2009. március 30-ig postára adva:

#### KÖKÉL Feladatok kezdőknek

Irinyi János Gimnázium és Szakközépiskola

4024 Debrecen

Irinyi utca 1.

#### K106.

Finom eloszlású alumínium por 1,000 grammjának levegőn való elégetésekor 31,03 kJ hő fejlődik. Az alumínium  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -dal végbemenő exoterm reakciójában (a termitreakcióban) ugyanennyi alumínium reakcióját 15,45 kJ energiaváltozás kíséri.

Határozd meg a  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (magnetit) képződéshőjét!

Milyen gyakorlati alkalmazása van e két említett exoterm reakciónak?

Írj 1-1 példát!

#### K107.

250,00  $\text{cm}^3$ -es mérőlombikban 1-es pH-jú sósav van. A mérőlombikból kipipettázott sósav 0,1680 gramm szódabikarbónát oldott fel.

a) Hány  $\text{cm}^3$  térfogatot töltene be a keletkezett gáz standard hőmérsékleten, és nyomáson?

b) Hány  $\text{cm}^3$  térfogatú volt a pipettával kimért sósav?

c) Az eredeti oldat elkészítéséhez mekkora térfogatú 25,00 m/m%-os, 1,125  $\text{g}/\text{cm}^3$  sűrűségű sósavat használtunk fel?

d.) Lehet-e tudni a fenti adatok ismeretében, hogy hány  $\text{cm}^3$  desztillált víz kellett a 25,00 %-os sósav hígításához? Indokolj!

#### K108.

Arkhimédész (i.e.287-i.e.212.) ragyogó ötlete az arany, illetve az arany-ezüst ötvözet megkülönböztetésére („Heuréka!”) nemcsak a kortársak, hanem minden idők emberének elismerését is kivívta. Napjainkban is képesek vagyunk valamely ötvözet roncsolás mentes vizsgálatára, azonban ez jóval költségesebb (igaz, pontosabb is) Arkhimédész módszerétől.

Mi a modern vizsgálat lényege?

Tételezzünk fel két azonos tömegű ezüst-arany ötvözetet! Az egyikben az ezüst:arany tömegaránya 65:35, a másikban  $\text{Ag:Au}=35:65$ .

a) Hányszor nagyobb az első ötvözet által kiszorított víz térfogata a másik ötvözet által kiszorított víz mennyiségétől?

b) „Választóvízzel” kioldjuk az ezüstöt az arany mellől. Az első ötvözetnél 65,00 m/m%-os HNO<sub>3</sub>-at, a második ötvözetnél 35,00 m/m%-os salétromsavat használunk. Mindkét ötvözetből egyenlő tömegű kis részlettel végeztük a kísérletet. Számítsd ki a két ötvözet-mintához használt salétromsav-oldatok térfogat-arányait!

Sűrűség adatok: arany:19,3 g/cm<sup>3</sup>, ezüst: 10,5 g/cm<sup>3</sup>, a 65,00 m/m%-os HNO<sub>3</sub>-é :1,400 g/cm<sup>3</sup>, a 35,00 m/m%-os salétromsavé 1,125 g/cm<sup>3</sup>.

### K109.

A paraffinok forráspontja °C egységben ( $T$ ) a C<sub>1</sub>-C<sub>18</sub> szénatomszám-tartományban jó közelítéssel számítható ki a következő összefüggéssel:

$T = 0,057n^3 - 3,26n^2 + 63,8n - 211,7$ . Az egyenletben „ $n$ ” a szénatom számot jelenti.

Határozd meg a 84,50 tömegszázalék szenet tartalmazó (standard körülmények között folyékony halmazállapotú) paraffin forráspontját!

(Dr. Kéki Sándor)

### K110.

Egy gáz-halmazállapotú szénhidrogén 5,0 dm<sup>3</sup>-ét 35 dm<sup>3</sup> térfogatú, azonos állapotú oxigéngázzal elegyítettünk. A keverék begyújtása, égése, majd a vízgőz kondenzálása után a gázelegy 20 térfogatszázalék oxigént és 80 térfogatszázalék szén-dioxidot tartalmaz. Mi lehet az ismeretlen szénhidrogén? Írd le a kapott összegképletnek megfelelő lehetséges szerkezeti képleteket!

(Dr. Kéki Sándor)

## Feladatok haladóknak

**Szerkesztő: Magyarfalvi Gábor és Varga Szilárd**  
([gmagyarf@chem.elte.hu](mailto:gmagyarf@chem.elte.hu), [szilard.varga@bolyai.elte.hu](mailto:szilard.varga@bolyai.elte.hu))

### Megoldások

**H96.** A kérdés első ránézésre nagyon egyszerű. A kénsavnak kétszeres anyagmennyiségű NaOH-val kell reagálnia. Ekkor só keletkezik, aminek az oldata semleges kémhatású. (A kénsav második disszociációja számottevően nem savas oldatokban teljesnek tekinthető.)

A 100 cm<sup>3</sup> kénsavoldat 110,2 grammjából 16,53 g (0,1685 mol) a kénsav. Ez 0,3371 mol NaOH-val reagál, ami 89,89 g, azaz 77,22 cm<sup>3</sup> oldatban van meg.

Hogy végezzük el a kísérletet? Ez már egyáltalán nem olyan egyszerű, két tényező is bonyolítja.

Elsőként azt érdemes megfontolni, hogy mennyire bízhatunk meg ebben az értékben. Ugyanis az oldatok összetételét, sűrűségét és térfogatát is csak egy bizonyos pontossággal ismerjük. A tömegszázalékok mellett a kénsav térfogata a legbizonytalanabb. Mérőhengerrel mérve a 100 cm<sup>3</sup> nyugodtan lehet néhány cm<sup>3</sup>-vel több vagy kevesebb. Ez pedig avval jár, hogy a kiszámolt mennyiség is változhat akár cm<sup>3</sup>-eket is. Előre tehát nem tudjuk a NaOH oldat pontos térfogatát megmondani. Érdemes kb. 75 cm<sup>3</sup>-t mérőhengerrel hozzáadni, aztán fokozatos adagolásra áttérni és figyelni az oldat pH-ját.

Tovább bonyolítja a helyzetet, hogy mit is kell figyelniünk – a példa szerint az oldat pH-ja maximum 1,5 egységgel térhet el a semlegestől. Ideálisan pontos mérés és adatok esetében tehát megbecsülhetjük, hogy mennyivel kevesebb vagy több lúgoldat használható fel a fentebb kiszámolt mennyiségnél. Tekintsük a túladagolás esetét. A 8,5-ös pH-t elérve a NaOH felesleg 10<sup>-5,5</sup> mol/dm<sup>3</sup> koncentrációjú lesz (a víz disszociációja visszaszorul). A kapott oldat térfogata 177 cm<sup>3</sup> környékén lesz, így a NaOH felesleg csupán 0,56 μmol. Ekkora NaOH mennyiség a 15%-os oldat 1,3·10<sup>-4</sup> cm<sup>3</sup>-ében van. Ha a kénsav maradna feleslegben, akkor is hasonlóan apró az eltérés a tökéletes ekvivalenciától. Ilyen kis térfogatokat lehetetlen kimérni különleges berendezések nélkül. Egy büretta egy cseppje 0,03 cm<sup>3</sup> körül van, tehát a tömény oldatok egy cseppje bőven átbillentí az oldat kémhatását. A hozzávetőleges semlegesítés után a

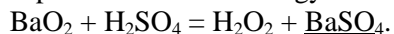
NaOH oldat egy részét alapos (úgy ezerszeres) felhígítás után lehet cseppenként, bürettával a kénsavhoz adagolni, hogy végül semleges oldatot kapjunk.

*A feladat sokakat megréft; a legtöbben megálltak az egyszerű számításnál és nem foglalkoztak a rákérdezés ellenére sem a megvalósíthatósággal. Mindkét kritikus pont (az eleve pontatlan kiindulás, és a nagyon érzékeny átcsapás) senkiben sem merült fel, de érkeztek szép rész megoldások.*

(Magyarfalvi Gábor)

### H97.

A bárium-peroxid a következő egyenlet szerint reagál a kénsavval:

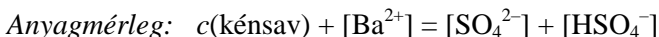


1,300 g BaO<sub>2</sub> 7,679 mmol, míg a kénsav mennyisége 10 mmol. Tehát a reakcióban a bárium-peroxid mennyisége lesz a meghatározó. Az oldhatósági szorzat alapján láthatjuk, hogy a BaSO<sub>4</sub> rosszul oldódó vegyület. Desztillált vízben kb. 0,01 mmol/dm<sup>3</sup>-es oldatot lehet belőle készíteni, az esetünkben pedig jelentős sajátióon felesleg van, így a kiváló szilárd anyag mennyiségénél nem szükséges az oldhatósági szorzattal számolni.

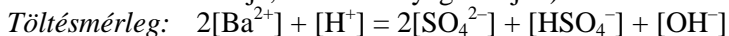
A reakció sztöchiometriája alapján 7,679 mmol bárium-szulfát fog kiválni, azaz **1,791 g**.

A szilárd anyag kiválása után egy olyan oldatot kapunk, amelyikben 7,679 mmol hidrogén-peroxid és 2,321 mmol kénsav van. Az egyes ionok koncentrációjának megállapításához a feladat visszavezethető arra a problémára, hogy *mennyi a bárium-szulfát oldhatósága 0,0116 mol/dm<sup>3</sup>-es kénsav oldatban.*

**I.** Ha kénsavat kétértékű savként kezeljük és a második disszociációs lépésében gyenge savnak kezeljük, akkor a következő egyenleteket írhatjuk fel:

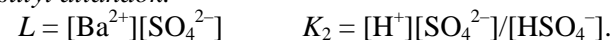


(mivel a báriumion koncentrációja sok nagyságrenddel kisebb, mint a kénsav koncentrációja, ezért elhanyagolhatjuk)

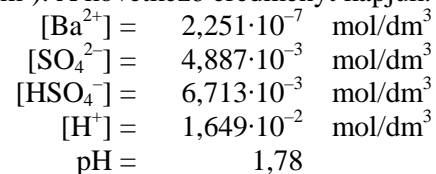


(mivel erősen savas oldatról lesz szó, ezért a hidroxidion koncentrációt elhanyagoljuk)

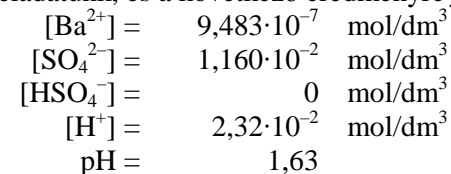
*Egyensúlyi állandók:*



Az elhanyagolások után kapott egyenletrendszer megoldva ( $K_2 = 0,012 \text{ mol/dm}^3$ ). A következő eredményt kapjuk:

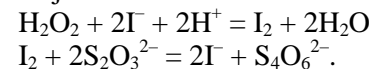


**II.** Ha a kénsavat mindkét lépcsőjében erős savnak tekintjük akkor, sokban egyszerűsödik a feladatunk, és a következő eredményre jutunk:



Látható, hogy a kénsav kétértékű erős savként történő kezelése jelentős hibát okoz savas oldat esetén.

A keletkezett hidrogén-peroxidot jodometriásan a következő egyenletek alapján tudjuk mérni:



Tehát a 1 mol hidrogén-peroxiddal 2 mmol tioszulfát egyenértékű. Így összesen 15,36 mmol, azaz **1536 cm<sup>3</sup>**. Természetesen pontos titráláshoz nem lehet ilyen hatalmas mennyiséget használni, hanem a minta kisebb részletét kell titrálni.

*A feladatra 26 megoldás érkezett és ebből 16 volt hibátlan. A pontátlag 8,50 pont. A feladat első része 7, míg a második 3 pontot ért. Teljes értékű megoldásnak fogadtuk el azt, ha valaki a II. úton oldotta meg a feladatot, mivel a feladatban nem utalt semmi a kénsav második disszociációs lépcsőjével kapcsolatos tudnivalókra.*

(Varga Szilárd)

### H98.

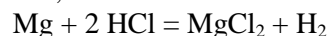
A sósavas és a nátrium-hidroxidos oldás során látjuk, hogy a szilárd maradékok összege épp a teljes tömeg, ezért sósavban csak az **A** elem, nátrium-hidroxidban csak a **B** elem oldódott.



Általánosan:

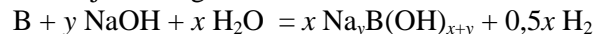


A fejlődő hidrogén térfogatából 0,04 mol az anyagmennyisége. Ekkor **A** tömege 0,08x g és a moláris tömege  $M_A = 0,96/(0,08x) = 12x$  g/mol. Az  $x$  lehetséges értékein végigfutva az első értelmes ( $x$  megegyezik a reakció után a fém oxidációs számával) eredmény a Mg. Többen a Ti megoldást is megtalálták, azonban a Ti sósavban nem oldódik. **A**-ra tehát:

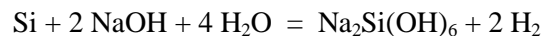


Azt is megállapítottuk, hogy a keverék 0,04 mol Mg-ot tartalmaz.

Ugyanezt az eljárást végezzük a nátrium-hidroxidos oldás esetén:

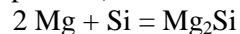


a moláris tömegre:  $M_B = 7x$  g/mol. A Li oldódna sósavban, Fe esetén nem megy el +6 oxidációs állapotig ilyen körülmények között, így az egyetlen megoldás a Si lehet. Ekkor B-re:

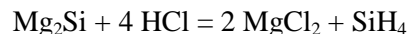


A keverék 0,02 mol Si-ot tartalmaz.

A harmadik reakcióban a hevítés és oldás után nem marad semmilyen szilárd maradék, ezért a következő reakcióhoz sztöchiometrikus arányban vannak jelen az elemek (amint a fejlődő hidrogén mennyiségéből is megállapítottuk):

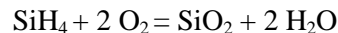


Az oldódás sósavban:



Tehát 0,02 mol  $\text{SiH}_4$  fejlődik, ami 0,448 dm<sup>3</sup>.

Az égése során:



$2 \cdot 0,448 \text{ dm}^3 = 0,896 \text{ dm}^3$  oxigén fogy; kb. 0,1 dm<sup>3</sup> marad feleslegben és a termékek nem légneműek; ezért megkaptuk a maradékra a 10%-ot.

Érdeemes volt a feladat első két és egyben egyszerűbb állításából kiindulni, mert az ettől való eltérés több félreértéshez vezetett. Többen számítás nélkül csak reakciókat írtak, ahol a Ti is a Si-hoz hasonlóan viselkedett, illetve a P, mint hamis megoldás szintén előkerült. A számítás döntött volna a csak papíron működő reakciók helytelenségéről.

Többen nem ellenőrizték a feladatban megadott összes szám adatot, illetve az **A** és **B** elemek megállapításakor is sokan csak megadtak egy megoldást és nem ellenőrizték, hogy lehet-e más is.

A feladatra 21 megoldás érkezett, a pontátlag 69,5%. Hibátlan megoldást küldtek be: Zsótér Soma, Virágh Eszter, Sebő Anna és Pócs Eszter Sarolta.

(Nagy Péter)

### H99.

A feladat célja az oldhatósági szorzat fogalmának megismertetése és a sajátion hatás tanulmányozása volt. Ezért a feladat során az anionok savbázis tulajdonságaival nem foglalkozunk.

a)

i. a  $\text{CaSO}_4$  MA típusú csapadék, ezért tiszta vízben az oldhatósága a következőképpen számolható:

$$S = \sqrt{L} = 4,95 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3 \quad 1 \text{ pont}$$

ii. a  $\text{CaF}_2$  MA<sub>2</sub> típusú csapadék, ezért tiszta vízben az oldhatóság a következőképpen számolható:

$$S = \sqrt[1+2]{\frac{L}{1 \cdot 2^2}} = \sqrt[3]{\frac{L}{4}} = 2,15 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3 \quad 2 \text{ pont}$$

iii. a  $\text{Bi}_2\text{S}_3$  M<sub>2</sub>A<sub>3</sub> típusú csapadék, ezért tiszta vízben az oldhatóság a következőképpen számolható:

$$S = \sqrt[2+3]{\frac{L}{2^2 \cdot 3^3}} = \sqrt[5]{\frac{L}{108}} = 1,71 \cdot 10^{-15} \text{ mol/dm}^3 \quad 2 \text{ pont}$$

Sajnos a bizmut(III)-szulfid oldhatósági szorzata kimaradt az adatok közül. A fenti számításokat a függvény táblázat oldhatósági szorzat értékével végeztük. Minden máshonnan származó állandóval való számolást elfogadtunk, ha nem volt elvi hibás a levezetés, illetve csak a helyes végképlet számítás nélkül is maximális pontszámot ért.

b)

i. Az ezüst-jodid esetében nagy feleslegben jelenlevő sajátion hatással kell csak számolnunk MA típusú csapadéknál:

$$S = \frac{L}{[\text{I}^-]} = 8,30 \cdot 10^{-16} \text{ mol/dm}^3 \quad 2 \text{ pont}$$

ii. Az ólom-jodid esetében egy MA<sub>2</sub> típusú csapadékunk van, amikor a nagy feleslegben lévő sajátionban a csapadék komplexképződés közben tud oldódni. Először is számítsuk ki az  $\alpha_L$  értékét, mivel nagy a sajátion koncentrációja és viszonylag gyenge komplexet képez a fémionnal, ezért

közelíthetjük, úgy hogy koncentrációja állandó marad. Így  $\alpha_L = 44,45$ . Az oldhatóságot, pedig a következő képlet alapján számíthatjuk

$$S = \frac{L\alpha_L}{[I^-]^2} = 6,22 \cdot 10^{-6} \text{ mol/dm}^3 \quad 3 \text{ pont}$$

A feladatra 24 megoldás érkezett, ebből 8 hibátlan. A pontátlag 7,83.

(Varga Szilárd)

### H100.

A  $[TI^+]\cdot[Cl^-] < L$  egyenlőtlenségnek kell teljesülnie ahhoz, hogy ne legyen túltelített az oldat  $TlCl$ -ra nézve. Mivel az oldatok térfogatai összeadhatóak, a hígulást figyelembe véve az alábbi koncentrációkat kapjuk ( $c_1, V_1$ : a  $TlNO_3$ -oldat kiindulási koncentrációja, illetve térfogata,  $c_2, V_2$ : a  $NaCl$ -oldat kiindulási koncentrációja, illetve térfogata):

$$[TI^+] = \frac{c_1 \cdot V_1}{V_1 + V_2} \quad [Cl^-] = \frac{c_2 \cdot V_2}{V_1 + V_2}$$

Tehát felírható, hogy:

$$[TI^+]\cdot[Cl^-] = \frac{c_1 \cdot V_1}{V_1 + V_2} \cdot \frac{c_2 \cdot V_2}{V_1 + V_2} = \frac{c_1 \cdot c_2 \cdot V_1 \cdot V_2}{(V_1 + V_2)^2} < L$$

Melyből az alábbi  $V_2$ -ben másodfokú egyenlőtlenséget kapjuk:

$$0 < L \cdot V_2^2 + (2 \cdot L \cdot V_1 - c_1 \cdot c_2 \cdot V_1) \cdot V_2 + L \cdot V_1^2$$

Ahhoz, hogy bármilyen térfogatarányban, azaz egy adott  $V_1$  ismeretében bármely  $V_2$  esetén teljesüljön az egyenlőtlenség, a diszkriminánsnak negatívnak kell lennie:

$$0 > (2 \cdot L \cdot V_1 - c_1 \cdot c_2 \cdot V_1)^2 - 4 \cdot L \cdot L \cdot V_1^2 = V_1^2 \cdot \left[ (2 \cdot L - c_1 \cdot c_2)^2 - (2 \cdot L)^2 \right] = V_1^2 \cdot (-c_1 \cdot c_2) \cdot (4 \cdot L - c_1 \cdot c_2)$$

Ebből pedig következik, hogy a  $4 \cdot L > c_1 \cdot c_2$  feltételnek kell teljesülnie. Azaz maximálisan  $c_2 = 4 \cdot 6 \cdot 10^{-4} / 0,100 \text{ mol/dm}^3 = 0,024 \text{ mol/dm}^3$  lehet a  $NaCl$  oldat koncentrációja.

A *b)* kérdés esetén a  $NaCl$ -oldat koncentrációja nagyobb, mint  $0,024 \text{ mol/dm}^3$ , így biztosak lehetünk abban, hogy leválik a csapadék. Először meg kell állapítanunk, hogy mekkora térfogatú  $NaCl$ -oldat hozzáadásával válik telítetté az oldat  $TlCl$ -ra nézve.

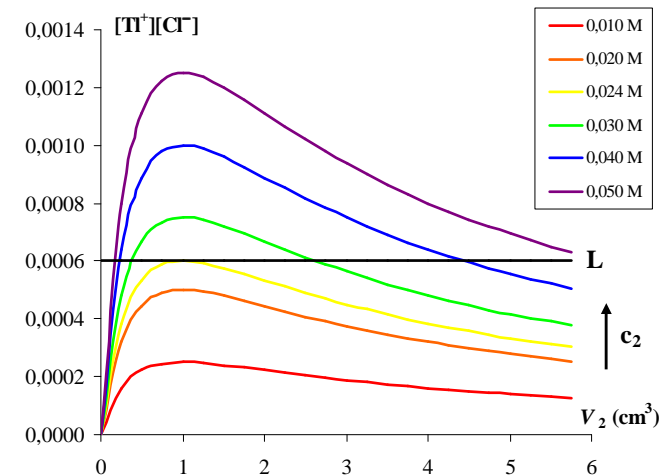
$$[TI^+]\cdot[Cl^-] = \frac{c_1 \cdot V_1}{V_1 + V_2} \cdot \frac{c_2 \cdot V_2}{V_1 + V_2} = \frac{c_1 \cdot c_2 \cdot V_1 \cdot V_2}{(V_1 + V_2)^2} = L$$

Ismert  $c_1 = 0,100 \text{ mol/dm}^3$ ,  $c_2 = 0,030 \text{ mol/dm}^3$ ,  $V_1 = 0,001 \text{ dm}^3$ , így az egyenletet  $V_2$ -re megoldva két gyököt kapunk, és mindkettőnek van reális kémiai tartalma:

$$V_2(1) = 3,8 \cdot 10^{-4} \text{ dm}^3 = 0,38 \text{ cm}^3, \text{ illetve } V_2(2) = 2,62 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 = 2,62 \text{ cm}^3.$$

A kapott eredményeket a következőképp értelmezhetjük: a kisebb térfogatú  $NaCl$ -oldat hozzáöntésekor kezdődik el a csapadék leválása, tehát  $V_2 < V_2(1)$  esetén nincs csapadék-leválás. A nagyobbik eredményül kapott térfogatot elérve viszont ismét telítetté válik az oldat  $TlCl$ -ra nézve (hígulás!!!), majd a  $V_2 > V_2(2)$   $NaCl$ -oldattérfogat esetén szintén nem tapasztalunk csapadékleválást.

[Megjegyzés: Ábrázoljuk a hígítás alapján elméletileg kiszámítható  $[TI^+]\cdot[Cl^-]$  szorzatot  $V_2$  függvényében különböző  $c_2$  koncentrációk esetén ( $V_1 = 1,00 \text{ cm}^3$ ,  $c_1 = 0,100 \text{ mol/dm}^3$  továbbra is!)



Mint látható,  $c_2 < 0,024 \text{ mol/dm}^3$  esetén a görbék nem metszik az  $L$  értékének megfelelő egyenest, azaz semmilyen térfogatarányban sem válik le csapadék. Amennyiben  $c_2 = 0,024 \text{ mol/dm}^3$ , 1 : 1 térfogatarány esetén éppen telítetté válik az oldat, bármely más térfogataránynál telítetlen az oldat  $\text{TlCl}$ -ra nézve. Ha  $c_2 > 0,024 \text{ mol/dm}^3$ , a görbe két helyen is metszi az  $L = 0,0006$  vízszintes egyenest, a két metszéspont közötti tartományban van csapadék, a metszéspontokban éppen telített az oldat, azokon kívül pedig nincs csapadékleválás. Azt is megfigyelhetjük, hogy minél töményebb a  $\text{NaCl}$ -oldat (azaz minél nagyobb  $c_2$ ), annál szélesebb térfogat-tartományban történik csapadék-leválás.]

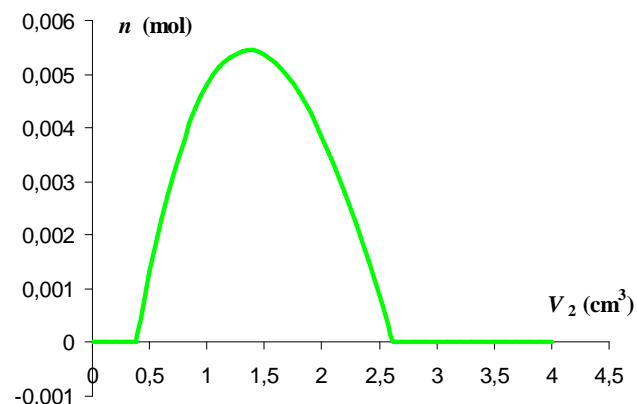
Most pedig foglalkozunk a  $V_2(1) < V_2 < V_2(2)$  tartománnyal! Amennyiben  $n$  anyagmennyiségű csapadék válik ki  $V_2$  térfogatú  $\text{NaCl}$ -oldat hozzáöntése után, felírhatjuk a következő egyenletet:

$$[\text{Tl}^+] \cdot [\text{Cl}^-] = \frac{c_1 \cdot V_1 - n}{V_1 + V_2} \cdot \frac{c_2 \cdot V_2 - n}{V_1 + V_2} = L$$

Ezt rendezve az alábbi másodfokú egyenlethez jutunk:

$$0 = n^2 - (c_1 \cdot V_1 + c_2 \cdot V_2) \cdot n + c_1 \cdot c_2 \cdot V_1 \cdot V_2 - L(V_1 + V_2)^2$$

Adott  $V_2$  esetén megoldva az egyenletet kapunk két értéket  $n$ -re, melyek közül csak az egyiknek (kisebbiknek) van reális kémiai tartalma. A megfelelő  $V_2 - n$  értékpárokat ábrázolva az alábbi diagramot kapjuk:



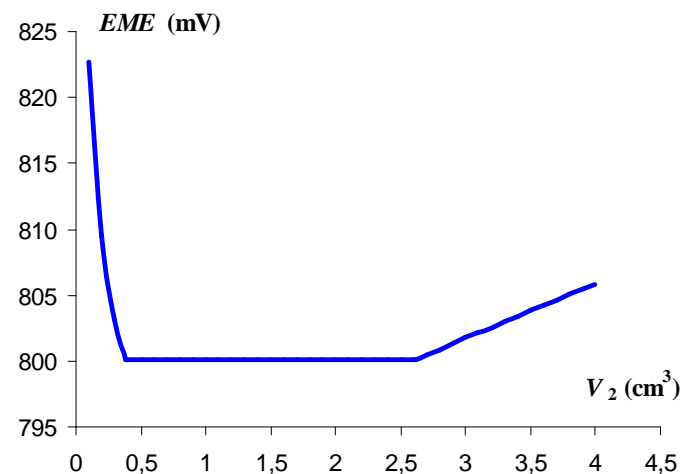
Megfigyelhető, hogy a  $\text{NaCl}$ -oldat hozzáadásakor kezdetben nem válik le csapadék, majd  $0,38 \text{ cm}^3$ -nél megindul a  $\text{TlCl}$ -csapadék leválása. A

csapadék mennyisége kb.  $1,36 \text{ cm}^3$ -nél eléri a maximumot, majd ennél nagyobb térfogatú  $\text{NaCl}$ -oldat hozzáadása már a csapadék mennyiségének csökkenésével jár. Amennyiben  $V_2 > 2,62 \text{ cm}^3$ , a keletkező oldat telítetlen  $\text{TlCl}$ -ra nézve.

A c) kérdés megválaszolásához ki kell számítanunk az oldatban lévő (egyensúlyi)  $\text{TI}^+$ -, illetve  $\text{Cl}^-$ -koncentrációkat. Mivel a b) pontban már meghatároztuk a leváló csapadék mennyiségét, a kérdéses koncentrációk könnyen számíthatóak:

$$[\text{TI}^+]_e = \frac{c_1 \cdot V_1 - n}{V_1 + V_2} \quad [\text{Cl}^-]_e = \frac{c_2 \cdot V_2 - n}{V_1 + V_2}$$

A koncentrációkból a példában megadott egyenletekkel meghatározhatjuk a két elektródpotenciált, majd ezek különbségéből az elektromotoros erőt. A megfelelő értékpárokat ábrázolva a következő diagramot kapjuk:



Természetesen az elektródpotenciált mind a  $\text{TI}^+$ -, mind a  $\text{Cl}^-$ -ionok mennyisége befolyásolja, de megállapítható, hogy a kis térfogatoknál elsősorban a kis mennyiségű  $\text{Cl}^-$ -ion okozza a meredek csökkenést. Nagy térfogatok esetén viszont már a  $\text{TI}^+$ -ionok kis mennyisége a döntő, a tallium elektródpotenciálja változik meredekebben. Igen érdekes az a

tartomány, ahol csapadék válik le, mivel ekkor az elektromotoros erőre felírható a következő kifejezés:

$$E_{MF} = \varepsilon(2) - \varepsilon(1) = +270\text{mV} - 59\text{mV} \cdot \lg[\text{Cl}^-] - (-340\text{mV} + 59\text{mV} \cdot \lg[\text{Ti}^+]) = \\ = 610\text{mV} - 59\text{mV} \cdot \lg\left([\text{Ti}^+] \cdot [\text{Cl}^-]\right) = 610\text{mV} - 59\text{mV} \cdot \lg L = \underline{\underline{800,1\text{mV}}}$$

Mint ahogyan az ábrán is látszik, a csapadékleválás tartományában az elektromotoros erő konstans.

(Benkő Zoltán)

#### HO-40.

Az oldat mindkét esetben mindkét sóra nézve telített, mert mindkét esetben jelen van szilárd fázis. Jelöljük az 1 dm<sup>3</sup>-re eső PbCl<sub>2</sub>, illetve PbSO<sub>4</sub>-mennyiséget [PbCl<sub>2</sub>], illetve [PbSO<sub>4</sub>]-gyel. Írjuk fel az oldhatósági szorzatokat (1-2. egyenlet) a csapadékok tömegének egyenlőségét (3. egyenlet), a töltésmérleget (4. egyenlet), végül az anyagmérleget a négy ionra (5-8. egyenlet):

$$[\text{Pb}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = 1,06 \cdot 10^{-8} \quad (1)$$

$$[\text{Pb}^{2+}][\text{Cl}^-]^2 = 2,12 \cdot 10^{-5} \quad (2)$$

$$303,2[\text{PbSO}_4] = 278,2[\text{PbCl}_2] \quad (3)$$

$$2[\text{Pb}^{2+}] + [\text{Na}^+] = 2[\text{SO}_4^{2-}] + [\text{Cl}^-] \quad (4)$$

$$[\text{Pb}^{2+}] + [\text{PbCl}_2] + [\text{PbSO}_4] = \frac{1}{278,2V} \quad (5a)$$

$$[\text{Pb}^{2+}] + [\text{PbCl}_2] + [\text{PbSO}_4] = \frac{1}{303,2V} \quad (5b)$$

$$[\text{Cl}^-] + 2[\text{PbCl}_2] = 2 \cdot \frac{1}{278,2V} \quad (6a)$$

$$[\text{SO}_4^{2-}] + [\text{PbSO}_4] = \frac{1}{303,2V} \quad (6b)$$

$$[\text{Na}^+] = 0,02\text{M} \quad (7a)$$

$$[\text{Na}^+] = 0,01\text{M} \quad (7b)$$

$$[\text{SO}_4^{2-}] + [\text{PbSO}_4] = 0,01\text{M} \quad (8a)$$

$$[\text{Cl}^-] + 2[\text{PbCl}_2] = 0,01\text{M} \quad (8b)$$

(Felhasználtuk, hogy a PbSO<sub>4</sub>, illetve a PbCl<sub>2</sub> moláris tömege 303,2, illetve 278,2 g/mol.)

a) Az (1) és (2) egyenletekből

$$[\text{Pb}^{2+}] = \frac{2,12 \cdot 10^{-5}}{[\text{Cl}^-]^2} \text{ és } [\text{SO}_4^{2-}] = 5 \cdot 10^{-4} [\text{Cl}^-]^2.$$

Felhasználva, hogy  $[\text{Na}^+] = 0,02\text{ mol/dm}^3$ , (4)-ből a következő megoldandó egyenletre jutunk:

$$\frac{4,24 \cdot 10^{-5}}{[\text{Cl}^-]^2} + 0,02 = 10^{-3} [\text{Cl}^-]^2 + [\text{Cl}^-]$$

Mivel  $10^3\text{ mol/dm}^3 \gg [\text{Cl}^-]$ , ezért  $10^{-3} [\text{Cl}^-]^2 \ll [\text{Cl}^-]$ , vagyis  $10^{-3} [\text{Cl}^-]^2 + [\text{Cl}^-] \approx [\text{Cl}^-]$ .

A fenti elhanyagolás után a  $\frac{4,24 \cdot 10^{-5}}{[\text{Cl}^-]^2} + 0,02 = [\text{Cl}^-]$  egyenletre jutunk,

melyet ezután a  $[\text{Cl}^-] = \sqrt[3]{4,24 \cdot 10^{-5} + 0,02[\text{Cl}^-]^2}$  alakra hozhatunk.

Ezt az egyenletet iterációval (7 lépés) megoldva

$[\text{Cl}^-] = 4,297 \cdot 10^{-2}\text{ mol/dm}^3$  adódik.

Innen  $[\text{SO}_4^{2-}] = 9,231 \cdot 10^{-7}\text{ mol/dm}^3$  és  $[\text{Pb}^{2+}] = 1,148 \cdot 10^{-2}\text{ mol/dm}^3$ .

A szulfátionok anyagmérlegéből

$$[\text{PbSO}_4] = 0,01 - [\text{Pb}^{2+}] = 9,999 \cdot 10^{-3}\text{ mol/dm}^3.$$

Innen (3) alapján  $[\text{PbCl}_2] = 1,090 \cdot 10^{-2}\text{ mol/dm}^3$ . Ezeket (6a)-ba írva:

$$2 \cdot \frac{1}{278,2V} = [\text{Cl}^-] + 2[\text{PbCl}_2] = 6,477 \cdot 10^{-2}\text{ mol/dm}^3.$$

Innen  $V = 111,0\text{ cm}^3$ .

b) Most  $[\text{Na}^+] = 0,01\text{ mol/dm}^3$ , ezért (1), (2) és (4) alapján:

$$\frac{4,24 \cdot 10^{-5}}{[\text{Cl}^-]^2} + 0,01 = 10^{-3} [\text{Cl}^-]^2 + [\text{Cl}^-]$$



A fenti elhanyagolást elvégezve a  $\frac{4,24 \cdot 10^{-5}}{[\text{Cl}^-]^2} + 0,01 = [\text{Cl}^-]$  egyenlethez jutunk.

Ez az egyenlet  $[\text{Cl}^-] = \sqrt[3]{4,24 \cdot 10^{-5} + 0,01[\text{Cl}^-]^2}$  alakba írható. 4 iterációs lépés után kapjuk, hogy  $[\text{Cl}^-] = 3,85 \cdot 10^{-2} \text{ mol / dm}^3$ .

Innen  $[\text{SO}_4^{2-}] = 7,43 \cdot 10^{-7} \text{ mol / dm}^3$  és  $[\text{Pb}^{2+}] = 1,43 \cdot 10^{-2} \text{ mol / dm}^3$ .

(5b) és (6b) összevetéséből:



Innen viszont  $[\text{PbCl}_2] = [\text{SO}_4^{2-}] - [\text{Pb}^{2+}] \leq 0$ . Ez tehát nem lehetséges.

Ennek oka az, hogy a  $\text{PbSO}_4$ -re telített oldat  $\text{Pb}^{2+}$ -koncentrációja olyan kicsiny, hogy a fenti módon nem kaphatunk a viszonylag nagy oldhatósági szorzat értékkel rendelkező  $\text{PbCl}_2$ -ra nézve telített oldatot. Ha ugyanis kis térfogatú  $\text{NaCl}$ -oldatot adunk a telített  $\text{PbSO}_4$ -oldathoz, a beoldódó ólomionok mennyisége nem lesz elég nagy a csapadék kiválásához. Nagy térfogatú  $\text{NaCl}$ -oldat hozzáadása esetén viszont az oldat térfogata növekszik meg annyira, hogy már oldatban tudja tartani a benne lévő  $\text{PbCl}_2$ -mennyiséget.

*Megjegyzés:* Feltűnő, hogy mindkét esetben nyolc egyenlet jut hét ismeretlenre. Figyelmesebben megvizsgálva viszont az egyenleteket, észrevehetjük, hogy nem függetlenek egymástól. Ha ugyanis az (5a) és (6a) egyenletek bal oldalát egyenlővé tesszük, és az így kapott egyenlet kétszereséből kivonjuk a (4) egyenletet a  $2[\text{PbSO}_4] = [\text{Na}^+] - 2[\text{SO}_4^{2-}]$  egyenletre jutunk. Ezt azonban (7a) és (8a) különbségeként is megkaphatjuk. Hasonlóan járhatunk el az (5b)-(8b) egyenletek esetén is. Ezért szükséges a (3) is, ami egy újabb független egyenlet.

*A feladatra 12 megoldás érkezett. A pontátlag 5,5 p. Hibátlan megoldást küldött be Batki Júlia, Sebő Anna, Vörös Tamás és Zsótér Soma (ELTE Apáczai Csere János Gyak. Gimn.). A feladat b) részét csak ők tudták helyesen megoldani.*

(Komáromy Dávid)

### HO-41.

A feladat megoldásához, írjuk fel a következő egyenleteket.

*Anyagmérleg:*  $S = [\text{Ba}^{2+}] = [\text{Cr}] = [\text{CrO}_4^{2-}] + [\text{HCrO}_4^-] + 2[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]$

*Töltésmérleget* nem írunk fel, mert nem ismerjük az oldatban lévő összes komponenst, ugyanis az oldat pH-ját sav, illetve bázis hozzáadásával állítjuk be.

*Egyensúlyi állandók:*  $L = [\text{Ba}^{2+}][\text{CrO}_4^{2-}]$

$$K = [\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]/[\text{HCrO}_4^-]^2$$

$$K_2 = [\text{CrO}_4^{2-}][\text{H}^+]/[\text{HCrO}_4^-]$$

Az egyenleteket megoldva kapjuk a következő eredményeket:

	pH = 5,0		pH = 9,0	
$S = [\text{Ba}^{2+}]$	$7,24 \cdot 10^{-5}$	mol/dm <sup>3</sup>	$1,27 \cdot 10^{-5}$	mol/dm <sup>3</sup>
$[\text{CrO}_4^{2-}]$	$2,21 \cdot 10^{-6}$	mol/dm <sup>3</sup>	$1,26 \cdot 10^{-5}$	mol/dm <sup>3</sup>
$[\text{HCrO}_4^-]$	$8,99 \cdot 10^{-5}$	mol/dm <sup>3</sup>	$3,99 \cdot 10^{-8}$	mol/dm <sup>3</sup>
$[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]$	$1,54 \cdot 10^{-7}$	mol/dm <sup>3</sup>	$5,04 \cdot 10^{-14}$	mol/dm <sup>3</sup>

*A feladatra 11 megoldás érkezett, hibátlan megoldást küldött be: Bacsó András, Batki Júlia, Májusi Gábor, Vörös Tamás és Zsótér Soma. A pontátlag 7,82.*

(Varga Szilárd)

**HO-42.** a) Sztöchiometrikus arányban öntjük össze az oldatokat, tehát:

$$[\text{Ag}^+] = [\text{Cl}^-] = \sqrt{L} = 1,27 \cdot 10^{-5} \text{ mol / dm}^3$$

Az oldatban maradó  $\text{AgCl}$  elhanyagolható a csapadékhoz képest, így gyakorlatilag 0,02 mol, azaz **2,87 g**  $\text{AgCl}$  válik le. **(1 pont)**

b)  $\text{AgCl}$  és  $\text{Ag}_2\text{S}$  megjelenésére számíthatunk, viszont látható, hogy óriási különbség van a két só oldhatósága között, így első közelítésben feltételezzük, hogy 100%-ban  $\text{Ag}_2\text{S}$  válik le, és az összes  $\text{Cl}^-$  felszabadulva az oldatba megy. Ennek következménye, hogy minden  $\text{Cl}^-$  mellé jut egy felszabaduló  $\text{H}^+$  a  $\text{H}_2\text{S}$ -ből.

$$[\text{H}^+] = [\text{Cl}^-] = 0,1 \text{ M} \Rightarrow \text{pH} = 1$$

Ilyen savas közegben:  $c_{\text{H}_2\text{S}} \cong [\text{H}_2\text{S}] = 0,1 \text{ mol / dm}^3$

$$\alpha_H = 1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_2} + \frac{[\text{H}^+]^2}{K_1 K_2} = \frac{c_{\text{H}_2\text{S}}}{[\text{S}^{2-}]} = 9,1575 \cdot 10^{19} \Rightarrow [\text{S}^{2-}] = 1,09 \cdot 10^{-21} \text{ mol / dm}^3$$

$$[\text{Ag}^+] = \sqrt{\frac{L_{\text{Ag}_2\text{S}}}{[\text{S}^{2-}]}} = 1,21 \cdot 10^{-14} \text{ mol / dm}^3$$

**Feltételezés ellenőrzése:** az így kialakult oldatban:  $[Ag^+][Cl^-] = 1,21 \cdot 10^{-15} < L_{AgCl}$ , tehát a feltevés igaz. A kialakuló csapadék **100%-ban  $Ag_2S$** , mennyisége pedig 0,01 mol, tehát tömege: **2,48 g. (3 pont)**

c) Első közelítésben itt is feltételezhetjük, hogy még mindig nem válik telítetté az oldat  $AgCl$ -ra. A teljes térfogat:  $300 \text{ cm}^3$ . Számolni kell az oldat hígulásával:  $[H^+] = 0,067 \text{ mol/dm}^3 \Rightarrow \text{pH} = 1,18$ . Ilyen alacsony pH-n még mindig:  $c_{H_2S} \cong [H_2S] = 0,067 \text{ mol/dm}^3$

$$\alpha_H = 4,07 \cdot 10^{19} \Rightarrow [S^{2-}] = 1,64 \cdot 10^{-21} \text{ mol/dm}^3 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow [Ag^+] = 9,88 \cdot 10^{-15} \text{ mol/dm}^3 ; [Cl^-] = 0,23 \text{ mol/dm}^3$$

$[Ag^+][Cl^-] < L_{AgCl}$ , tehát a feltevés igaz. A kialakuló csapadék tömege és összetétele a b alkérdéshez képest változatlan. **(2 pont)**

d) Ha itt is feltételezzük, hogy beoldódik az összes  $I^-$ , akkor minden érték megegyezne a b alkérdésbeli értékekkel, viszont:

$[Ag^+][I^-] = 1,21 \cdot 10^{-15} > L_{AgI}$ , tehát a feltételezés nem igaz, az oldat egyszerre lesz telített  $AgI$ -ra és  $Ag_2S$ -ra is.

$$[I^-] \cong [H^+]$$

$0,1 \cong c_{H_2S}$  (az oldat savassága miatt)

$$\text{Töltésmérleg: } [H^+] + [Ag^+] = [I^-] + [HS^-] + 2[S^{2-}]$$

$$K_1 = \frac{[H^+][HS^-]}{[H_2S]}$$

$$K_2 = \frac{[H^+][S^{2-}]}{[HS^-]}$$

$$L_{AgI} = [Ag^+][I^-] \cong [Ag^+][H^+] \Rightarrow [Ag^+] \cong \frac{L_{AgI}}{[H^+]}$$

$$L_{Ag_2S} = [Ag^+]^2[S^{2-}] \Rightarrow [S^{2-}] = \frac{L_{Ag_2S}[H^+]^2}{L_{AgI}^2}$$

$$\text{A két savállandóból: } [H_2S] = 0,1 = [S^{2-}] \cdot \frac{[H^+]^2}{K_1 K_2} = \frac{L_{Ag_2S}}{L_{AgI}^2} \cdot \frac{[H^+]^4}{K_1 K_2}$$

$$\Rightarrow [H^+] = 2,62 \cdot 10^{-2} \text{ mol/dm}^3 \Rightarrow \text{pH} = 1,58$$

$$[I^-] = 2,62 \cdot 10^{-2} \text{ mol/dm}^3$$

$$[Ag^+] = 3,17 \cdot 10^{-15} \text{ mol/dm}^3$$

**A levált csapadék: 4,12g, ennek 84,2 (m/m)%-a  $AgI$  és 13,8 (m/m)%-a  $Ag_2S$ . (4 pont)**

*A feladatra 15 megoldás érkezett, ebből egy lett hibátlan (Vörös Tamás) és két 9 pontos (Batki Júlia és Zsótér Soma). A pontátlag 3,4 pont. Jellemző hiba, hogy sokan nem tudták értelmezni a kén-hidrogénnel telítést. Ennek helyes értelmezése, hogy egy oldatba addig vezetjük a kén-hidrogént, amíg már nem tapasztalunk elnyelést, tehát a példában a  $[H_2S] = 0,1 \text{ M}$ -ből nem kellett levonni az  $Ag^+$ -nal ekvivalens szulfid mennyiséget. Ezért a hibáért csak egy helyen vontam le pontot a megoldásokban, ha ezen hibát leszámítva a az elv jó, akkor maximális pontszámot adtam az egyéb helyeken.*

(Klencsár Balázs)

### Feladatok

*A formai követelményeknek megfelelő dolgozatokat a nevezési lappal együtt a következő címen várjuk 2009. március 30-ig postára adva:*

#### **KÖKÉL Feladatok haladóknak**

ELTE Kémiai Intézet

Budapest 112

Pf. 32

1518

A tanév utolsó fordulójának feladatait szokás szerint az idei diákolimpia (Cambridge/Oxford) gyakorló feladatai közül válogattuk.

**H106.** A hidrogén-cianid gyenge sav; disszociációállandója  $4,93 \cdot 10^{-10}$

a) Mi egy  $1,00 \text{ mol/dm}^3$   $HCN$ -oldat pH-ja?

- b)  $10 \text{ dm}^3$  tiszta vizet NaCN szennyezett el, pH-ja így 7,40 lett. Mi az oldatban a  $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{CN}^-$ ,  $\text{HCN}$  koncentrációja és mennyi NaCN került a vízbe?

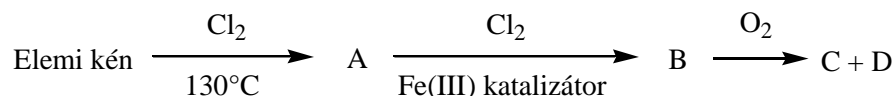
**H107.** Az A vegyület egy sárga folyadék, klórtartalma 52,5%, kéntartalma 47,5%.

A B vegyület egy nedvességérzékeny, vörös folyadék.

A C vegyület egy színtelen folyadék. Összetétele: 59,6% Cl, 26,95% S és 13,45% O.

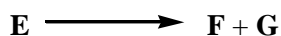
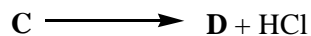
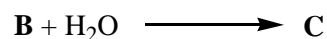
A D vegyület előállítható C és az  $\text{O}_2$  közvetlen reakciójával is; relatív moláris tömege  $134,96 \text{ g mol}^{-1}$ .

A reakcióvázlat segítségével azonosítsd a vegyületeket és rajzold fel térszerkezetüket!



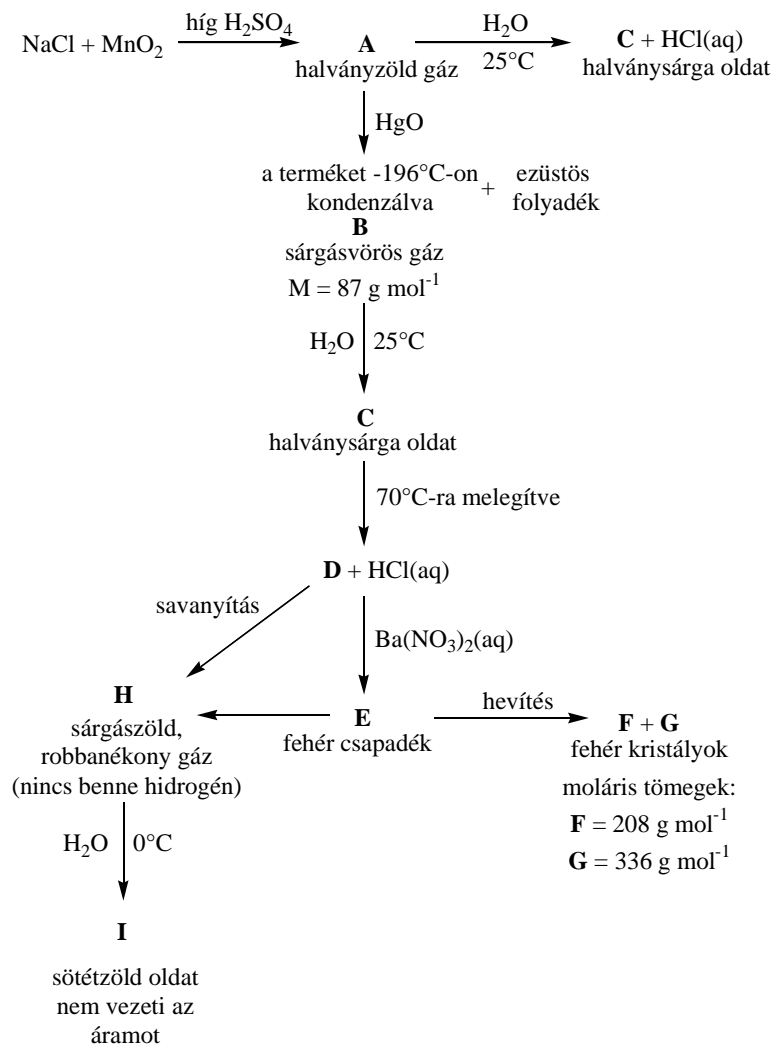
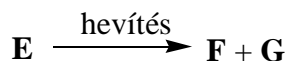
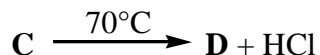
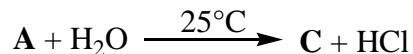
**H108.**

- a.) Azonosítsd a vegyületeket és a következő folyamatokra írd fel rendezett reakcióegyenleteket!



- b.) Milyen lesz a B, D, F és H szerkezete? Mi az érdekes H szerkezetében?

- c.) Miért ilyen körülményeket használnak a következő lépésekben?



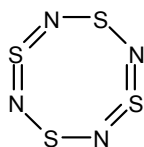
**H109.** A toluol pirolízise (hőbomlása) során az első lépés a  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{-H}$  kötés felszakadása. A reakciólépés aktiválási entalpiája, ami tulajdonképpen megegyezik a kötésdisszociáció entalpiájával  $378,4 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

További standard entalpiaértékeket ad meg a táblázat az IUPAC által ajánlott jelölésekkel (f = képződés (formation), c = égés (combustion), vap = párolgás (vaporization), at = atomizáció)

$\Delta_f H^\circ(\text{CO}_2, \text{g}, 298\text{K})$	$-393,5 \text{ kJ mol}^{-1}$
$\Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O}, \text{l}, 298\text{K})$	$-285,8 \text{ kJ mol}^{-1}$
$\Delta_f H^\circ(\text{C}_7\text{H}_8, \text{l}, 298\text{K})$	$-3910,2 \text{ kJ mol}^{-1}$
$\Delta_{\text{vap}} H^\circ(\text{C}_7\text{H}_8, \text{l}, 298\text{K})$	$+38,0 \text{ kJ mol}^{-1}$
$\Delta_{\text{at}} H^\circ(\text{H}_2, \text{g}, 298\text{K})$	$+436,0 \text{ kJ mol}^{-1}$

- a) Írd fel a toluol tökéletes égésének reakcióegyenletét! Számítsd ki a  $\Delta_f H^\circ(\text{C}_7\text{H}_8, \text{l}, 298\text{K})$  értékét! Becsüld meg a  $\Delta_f H^\circ$  értékét a benzilgyökre ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2, \text{g}, 298 \text{ K}$ )!
- b) A dibenzil (1,2-difenil-etán) standard képződési entalpiája  $143,9 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Számítsd ki a dibenzil ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{—CH}_2\text{C}_6\text{H}_5$ ) központi C—C kötésének kötésdisszociációs entalpiáját!

**H110.** Ammóniagázt  $\text{SCl}_2$  oldaton átbuborékolgatva egy vörös, robbanékony szilárd anyag,  $\text{S}_4\text{N}_4$  keletkezik. A szerkezetét több módon is fel lehet vázolni, az egyik lehetőség:



- a) Írd fel az  $\text{S}_4\text{N}_4$  keletkezésének rendezett egyenletét!
- b) A megadott adatok és egy termokémiai ciklus segítségével határozd meg az  $\text{S}_4\text{N}_4$  képződési entalpiáját!
- c) Az eredmény és a többi adat segítségével határozd meg az  $\text{NH}_3$  és a  $\text{SCl}_2$  reakciójának entalpiaváltozását (állandó nyomáson mért reakcióhőjét)

$E(\text{S—S}) = 226 \text{ kJ mol}^{-1}$	$E(\text{N}\equiv\text{N}) = 946 \text{ kJ mol}^{-1}$
$E(\text{S—N}) = 273 \text{ kJ mol}^{-1}$	$E(\text{S=N}) = 328 \text{ kJ mol}^{-1}$
$\Delta H_{\text{vap}}(\text{S}_8) = 77 \text{ kJ mol}^{-1}$	$\Delta H_{\text{vap}}(\text{S}_4\text{N}_4) = 88 \text{ kJ mol}^{-1}$
$\Delta_f H(\text{NH}_3) = -45,9 \text{ kJ mol}^{-1}$	$\Delta_f H(\text{SCl}_2) = -50,0 \text{ kJ mol}^{-1}$
$\Delta_f H(\text{HCl}) = -92,3 \text{ kJ mol}^{-1}$	

Az  $\text{S}_4\text{N}_4$  sokféle reakcióra képes, oxidációra és redukcióra egyaránt. Ha  $\text{S}_4\text{N}_4$ -et kén-dioxidos oldatban  $\text{AsF}_5$  feleslegével reagáltatják, akkor az

$[\text{S}_4\text{N}_4][\text{AsF}_6]_2$  összetételű só keletkezik. Metanolos oldatban  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  feleslegével reagáltatva a kapott termék  $\text{S}_4\text{N}_4\text{H}_4$

d) Írj fel rendezett reakcióegyenleteket a két folyamatra!

**HO-46.** Egy ideális gázban a részecskék egységnyi felülettel való ütközési frekvenciája (ütközésszám másodpercenként):

$$Z = \frac{p}{\sqrt{2\pi m k_B T}},$$

ahol  $p$  a nyomás,  $T$  a gáz hőmérséklete,  $m$  a gázcsepp tömege, és  $k_B$  a Boltzmann-állandó ( $k_B = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$ ).

A tengerszinten a légköri nyomás  $101,3 \text{ kPa}$  körül mozog és egy szokásos nyári napon Angliában  $15^\circ\text{C}$  a hőmérséklet.

- a) A levegő összetételét 79% nitrogén - 21% oxigénnek tekintve mennyi egy levegőmolekula átlagos tömege?
- b) Az emberi tüdő átlagos felülete kb.  $75 \text{ m}^2$ , egy átlagos lélegzetvétel 5 másodpercig tart. Becsüld meg, hogy hány gázmolekula ütközik a tüdő felületének lélegzetvételenként egy tipikus brit nyári napon. A légzés során elhanyagolhatóan, 1 %-nál kevesebbet változik a tüdőben a nyomás.

A tüdő legfeljebb a légnyomás egy huszadának megfelelő nyomáskülönbséget tud leküzdeni.

- c) Határozd meg ennek alapján, hogy milyen mélyre tud merülni egy pipát használó könnyűbúvár!

**HO-47.**

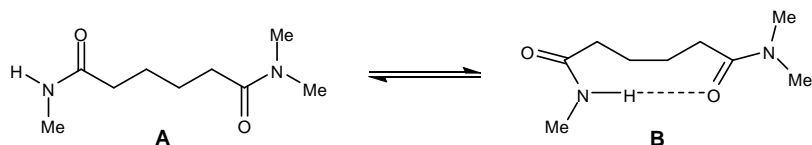
A klórvegyületek táblázatban megadott elektródreakcióinak standard potenciáljait felhasználva számítsd ki az alábbi mennyiségeket!

- i) a vízionszorzat,  $K_w$ ;
- ii) a klór diszproporciójának (+1 és -1 oxidációs állapotba) egyensúlyi állandója savas és bázisos közegben;
- iii) a  $\text{HOCl}$   $pK_a$ -ja;
- iv) a  $\text{HOCl}$  és  $\text{ClO}^-$  koncentrációja egy  $7,5 \text{ pH}$ -jú oldatban, ha a hipoklorit (klorát (I)) összkoncentrációja  $0,20 \text{ mmol dm}^{-3}$ ;
- v) a klórrá történő redukció elektródpotenciálja az utóbbi rendszerben, ha klór aktivitása egységnyi.



Bázisos közeg	$E^\circ / \text{V}$	Savas közeg	$E^\circ / \text{V}$
$\text{ClO}_4^- + \text{H}_2\text{O} / \text{ClO}_3^- + 2\text{OH}^-$	0,37	$\text{ClO}_4^- + 2\text{H}^+ / \text{ClO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$	1,20
$\text{ClO}_3^- + \text{H}_2\text{O} / \text{ClO}_2^- + 2\text{OH}^-$	0,30	$\text{ClO}_3^- + 3\text{H}^+ / \text{HClO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	1,19
$\text{ClO}_2^- + \text{H}_2\text{O} / \text{ClO}^- + 2\text{OH}^-$	0,68	$\text{HClO}_2 + 2\text{H}^+ / \text{HOCl} + \text{H}_2\text{O}$	1,67
$\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} / \frac{1}{2}\text{Cl}_2 + 2\text{OH}^-$	0,42	$\text{HOCl} + \text{H}^+ / \frac{1}{2}\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$	1,63
$\frac{1}{2}\text{Cl}_2 / \text{Cl}^-$	1,36	$\frac{1}{2}\text{Cl}_2 / \text{Cl}^-$	1,36

## HO-48.



A **B**-ben található intramolekuláris hidrogénkötés erősségét az amid proton NMR kémiai eltolódásának ( $\delta_{\text{obs}}$ ) hőmérsékletfüggése alapján határozható meg. A mért kémiai eltolódás a teljesen hidrogénkötésben levő N–H proton kémiai eltolódásának,  $\delta_{\text{h}}$ -nak és a teljesen szabad proton kémiai eltolódásának,  $\delta_{\text{f}}$ -nek koncentrációkkal súlyozott átlaga.

$T / \text{K}$	$\delta_{\text{obs}} / \text{ppm}$
220	6,67
240	6,50
260	6,37
280	6,27
300	6,19

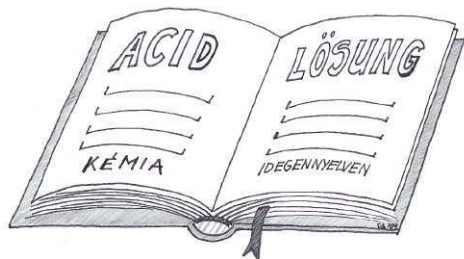
- Fejezd ki az  $A \rightleftharpoons B$  reakció egyensúlyi állandóját  $\delta_{\text{obs}}$ ,  $\delta_{\text{h}}$ , és  $\delta_{\text{f}}$  segítségével!
- Számítsd ki a gyűrűzárási reakció egyensúlyi állandóját a vizsgált hőmérsékleteken, ha  $\delta_{\text{h}} = 8.4 \text{ ppm}$  és  $\delta_{\text{f}} = 5.7 \text{ ppm}$ !
- Egy megfelelő diagram és az alábbi összefüggés segítségével határozd meg és értelmezd az  $A \rightarrow B$  reakció standard entalpiaváltozását és standard entrópiaváltozását 300 K-en!

Az egyensúlyi állandó hőmérsékletfüggését adja meg az

$$\ln K = -\frac{\Delta H^\circ}{RT} + \frac{\Delta S^\circ}{R} \text{ összefüggés, ha a } \Delta H^\circ \text{ és } \Delta S^\circ$$

hőmérsékletfüggésétől eltekintünk.

# KÉMIA IDEGEN NYELVEN



## Kémia angolul

Szerkesztő: MacLean Ildikó

### Kedves Diákok!

A hópolyhek képződésével foglalkozó fordításra ismét sokan vállalkoztak. Ez a szöveg kémiai tartalmát tekintve könnyebb volt, ám nyelvtanilag nagyobb kihívásnak bizonyult. A legsikeresebb fordító **Csorba Veronika** volt (Ságvári Endre Gimnázium, Kazincbarcika), az ő munkáját választottam mintafordításként.

### A 2008/5. számban közölt szakszöveg mintafordítása:

#### A hópolyhek kémiája

A hópolyhek a vízjég különleges formái. A hópolyhek vízgőzből álló felhőkben képződnek. Ha a hőmérséklet  $0^{\circ}\text{C}$  vagy alacsonyabb, a víz folyékony állapotból jéggé válik. A hópolyhek képződésére számos tényező van hatással. A hőmérséklet, a légáramlatok és a páratartalom mind befolyásolja a méretet és az alakot. Szennyező- és porrészecskék belekeveredhetnek a vízbe és befolyásolhatják a kristály súlyát és tartósságát. A szennyező-részecskék nehezebbé teszik a hópolyhet, repedéseket és töréseket okozhatnak a kristályban és az emiatt hamarabb elolvadhat. A hópolyhekképződés egy dinamikus folyamat. Egy hópolyhegy sokféle környezeti körülménnyel szembesülhet, amelyek néha megolvastják, néha megnövesztik, de mindig megváltoztatják a szerkezetét.

### Milyenek a szokványos hópolyhely alakok?

Általában, a magas felhőkben hatoldalú hatszöges kristályok alakulnak ki; tűk vagy lapos hatoldalú kristályok formálódnak a közepes magasságú felhőkben; és hatoldalú formák széles választéka keletkezik az alacsony felhőkben. A hidegebb időjárás hegyesebb kristálycsúcsú oldalakkal rendelkező hópolyheket eredményez és a hópolyhe ágainak (dendriteknek) az elágazódásához vezethet. A magasabb hőmérsékleti körülmények között keletkező hópolyhek lassabban növekszenek, szabályos, kevésbé bonyolult formákat eredményezve.

### Miért szimmetrikusak a hópolyhek? ( Miért azonos minden oldaluk?)

Először is, nem minden hópolyhelynek egyezik meg minden oldala. Az egyenetlen hőmérséklet, a szennyeződés jelenléte és egyéb tényezők is féloldalassá tehetik a hópolyhet. Mégis igaz azonban, hogy sok hópolyhely szimmetrikus és bonyolult. Ez azért van, mert a hópolyhely alakja a vízmolekulák belső elrendeződését tükrözi. A vízmolekulák szilárd állapotban, pl. a jégben és a hóban, gyenge kötéseket (úgynevezett hidrogénkötéseket) alakítanak ki egymással. A hópolyhely szimmetrikus, hatszöges alakja ennek a rendezett elhelyezkedésnek az eredménye. A kristályosodás során a vízmolekulák úgy igazodnak, hogy növeljék a vonzóerőket és csökkentsek a taszítóerőket. Következésképpen, a vízmolekulák rendeződése előre meghatározott helyekre és speciális elhelyezkedésben történik. A vízmolekulák egyszerűen úgy rendeződnek, hogy kitöltsék a térközöket, és fenntartsák a szimmetriát.

### Igaz, hogy nincs két azonos hópolyhely?

Igen is és nem is. Nincs két *teljesen* egyforma hópolyhely a vízmolekulák pontos számának, az elektronok spinjének, a hidrogén és oxigén izotópok gyakoriságának, stb. köszönhetően. Másrészt, két hópolyhelynél lehetséges, hogy teljesen egyformán nézzenek ki, és bármely adott hópolyhegy valószínűleg van hasonmása "életük" bizonyos szakaszában. Mivel nagyon sok tényező befolyásolja a hópolyhegy alakját, és mert a hópolyhegy alakja a környezeti feltételekre reagálva folyamatosan változik, lehetetlen, hogy valaki is lásson két egyforma hópolyhet.

Ha a víz és a jég átlátszó, akkor miért látszik fehérnek a hó?

A rövid válasz az, hogy a hópelyheknek nagyon sok fényvisszaverő felülete van, amik felbontják a fényt az összes színére, így a hó fehérnek látszik. A hosszabb válasz alapja az, ahogyan az emberi szem érzékeli a színeket. Még ha a fényforrás nem is teljesen fehér (pl. a napfénynek, a fénycsöveknek és az izzóknak is van saját színe), az emberi agy a fényforrásnak megfelelően kompenzál. Ekképpen: jóllehet a napfény sárga és a hóról visszavert fény is sárga, az agy a havat fehérnek érzékeli, mert az agy által fogadott teljes képnek sárga árnyalata van, ami automatikusan kivonódik.

Hó és jég olvasztása sóval

Ha olyan vidéken élsz, ahol hideg és jeges a tél, bizonyára találkozta már sóval a járdákon és az utakon, amit a jég és hó olvasztására és a visszafagyás megakadályozására használnak. Sőt használnak házi készítésű fagyaltok készítésénél is. A só mindkét esetben úgy működik, hogy csökkenti a víz fagyás- illetve olvadáspontját. Ezt a hatást „fagyáspontcsökkenés”-nek nevezik.

Több részecske nagyobb olvasztó erőt jelent

A nátrium-klorid nem az egyetlen só, amit jégmentesítésre használnak, és nem is feltétlenül a legjobb választás. A nátrium-klorid oldódáskor kétféle részecskére disszociál „molekulánként”: egy nátrium ionra és egy klorid ionra. Egy olyan vegyület, ami több iont juttat a vizes oldatba, jobban csökkentheti a fagyáspontot, mint a só. Például a kalcium-klorid ( $\text{CaCl}_2$ ) 3 ionra esik szét (egy kalcium és két klorid ionra) és jobban csökkenti a víz fagyáspontját, mint a nátrium-klorid. Néhány egyéb jégmentesítő vegyület:

Jégolvasztásra szolgáló vegyi anyagok:

Név	Képlet	Legalacsonyabb alkalmazható hőmérséklet	Előny	Hátrány
Ammónium-szulfát	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	-7°C	Műtrágya	Károsítja a betont
Kalcium-klorid	$\text{CaCl}_2$	-29°C	Gyorsabban olvasztja a jeget, mint a nátrium-klorid	Nedvszívó, -18°C (0°F) alatt csúszós felületek
Kalcium-magnézium-acetát (CMA)	Kalcium-karbonát $\text{CaCO}_3$ , magnézium-karbonát $\text{MgCO}_3$ és ecetsav $\text{CH}_3\text{COOH}$	-9°C	A legbiztonságosabb a beton és a növényzet számára	Jobb újrajegesedés megelőzése, mint a jég eltávolítására
Magnézium-klorid	$\text{MgCl}_2$	-15°C	Gyorsabban olvasztja a jeget, mint a nátrium-klorid	Nedvszívó
Kálium-acetát	$\text{CH}_3\text{COOK}$	-9°C	Biológiai úton lebontható	Korrozív
Kálium-klorid	$\text{KCl}$	-7°C	Műtrágya	Károsítja a betont
Nátrium-klorid, Kősó, Halit	$\text{NaCl}$	-9°C	Szárazon tartja a járdákat	Korrozív, károsítja a betont és a növényzetet
Karbamid	$\text{NH}_2\text{CONH}_2$	-7°C	Műtrágya	Mezőgazdasági minősítése korrozív

## A második forduló legsikeresebb fordításait beküldők:

Csorba Veronika (Ságvári Endre Gimnázium, Kazincbarcika 12. b)	93pont
Hocza Viktória (Irinyi János Szakközépiskola és Kollégium, Kazincbarcika 10. a )	93pont
Fábián Aliz (Szeged, Radnóti Miklós kísérleti Gimnázium 10. b)	92pont
Lugossy Renáta ( Ady Endre Gimnázium, Debrecen 10.a)	91pont
Hegyessy András (Budai Ciszterci Szent Imre Gimnázium, Budapest 12. a)	91pont
Sághi Kristóf ( )	90pont
Bajnóczy Gizella ( Batthyányi Kázmér Gimnázium, Szigetszentmiklós 11. b)	90pont
Huszár István ( Zrínyi Ilona Gimnázium és Koll. 11. évf.)	90pont
Dióssy Mária (Református Gimnázium, Pápa 11.b )	89pont
Kincses Dániel (Óbudai Gimnázium 9.c)	86pont

## Néhány észrevétel a fordításokkal kapcsolatban:

*Dynamic process*- érdemes itt a dinamikus kifejezést használni az intenzív vagy erőteljes helyett.

*Needles crystals*- tűszerű kristályforma és nem szükségtelen (needles vs. needlessness!)

*Hydrogen bond*- hidrogénkötés, ez esetben a bond vs bones (csont) okozott félrevezető értelmezést.

*Good match*- természetesen a hasonmásra, megfelelő párra utal szemben a mérkőzés és gyufa kifejezéssel.

*Freezing point depression*- fagyáspont csökkenésként kellett fordítani (és nem fagyáspont gyengülés vagy fagyáspont leszállítás netán süllyedés)

*Urea*- a karbamid neve, bár a vizelet összetételében fontos, azzal nem azonos (urine=vizelet)

Jó munkát a következő angol szakszöveghez:

**Direct methanol fuel cell**

**Direct-methanol fuel cells** or **DMFCs** are a subcategory of proton-exchange fuel cells where the methanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) fuel is not reformed as in the indirect methanol fuel cell, but fed directly to the fuel cell operating at a temperature of ca. 90 – 120 °C . Because the methanol and water is fed directly into the fuel cell, steam reforming is not required. Storage of methanol is much easier than for hydrogen as it does not need high pressures or low temperatures, because methanol is a liquid from -97.0 °C to 64.7 °C (-142.6 °F to 148.5 °F). The energy density of methanol - the amount of energy contained in a given volume - is an order of magnitude greater than even highly compressed hydrogen. The waste products with these types of fuel cells are carbon dioxide and water.

The efficiency of current direct-methanol fuel cells is low due to the high permeation of methanol through the membrane materials used, which is known as methanol crossover. A new kind of membrane (polymer electrolyte thin films, assembled "layer by layer") has been shown to reduce this problem dramatically. Other problems include the management of carbon dioxide created at the anode and the sluggish dynamic behaviour.

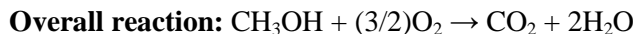
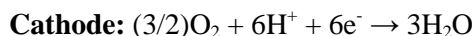
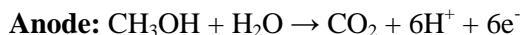
Current DMFCs are limited in the power they can produce, but can still store a high energy content in a small space. This means they can produce a small amount of power over a long period of time. This makes them presently ill-suited for powering vehicles (at least directly), but ideal for consumer goods such as mobile phones, digital cameras or laptops.

**Reaction**

The DMFC relies upon the oxidation of methanol on a catalyst layer to form carbon dioxide. Water is consumed at the anode and is produced at the cathode. Positive ions ( $\text{H}^+$ ) are transported across the proton exchange membrane - often made from Nafion - to the cathode where they react with oxygen to produce water. Electrons are transported through an external circuit from anode to cathode, providing power to connected devices.



The half-reactions are:



Methanol and water are adsorbed on a catalyst usually made of platinum and ruthenium particles, and lose protons until carbon dioxide is formed. As water is consumed at the anode in the reaction, pure methanol cannot be used without provision of water via either passive transport such as back diffusion (osmosis), or active transport such as pumping. The need for water limits the energy density of the fuel.

Currently, platinum is used as a catalyst for both half-reactions. This contributes to the loss of cell voltage potential, as any methanol that is present in the cathode chamber will oxidize. If another catalyst could be found for the reduction of oxygen, the problem of methanol crossover would likely be significantly lessened. Furthermore, platinum is very expensive and contributes to the high cost per kilowatt of these cells.

During the methanol oxidation reaction carbon monoxide (CO) is formed, which strongly adsorbs onto the platinum catalyst, reducing the surface area and thus the performance of the cell. The addition of another components, such as ruthenium or gold, to the catalyst tends to ameliorate this problem because, according to the most well-established theory in the field, these catalysts oxidize water to yield OH radicals:  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{OH}\cdot + \text{H}^+ + \text{e}^-$ . The OH species from the oxidized water molecule oxidizes CO to produce  $\text{CO}_2$  which can then be released as a gas:  $\text{CO} + \text{OH}\cdot \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}^+ + \text{e}^-$ .

### Cross-over Current

Methanol on the anodic side is usually in a weak solution (from 1M to 3M), because methanol in high concentrations has the tendency to diffuse through the membrane to the cathode, where its concentration is about zero because it is rapidly consumed by oxygen. Low concentrations help reducing the cross-over, but also limit the maximum attainable current.

The practical realisation is usually that a solution loop enters the anode, exits, is refilled with methanol, and returns to the anode again.

### Water Drag

The water in the anodic loop is lost because of the anodic reaction, but mostly because of the associated water drag: every proton formed at the anode drags a number of water molecules to the cathode. Depending on temperature and membrane type, this number can be between 2 and 6.

### Ancillary Units

A direct methanol fuel cell is usually part of a larger system including all the ancillary units that permit its operation. Compared to most other types of fuel cells, the ancillary system of DMFCs is relatively complex. The main reasons for its complexity are:

- providing water along with methanol would make the fuel supply more cumbersome, so water has to be recycled in a loop;
- $\text{CO}_2$  has to be removed from the solution flow exiting the fuel cell;
- water in the anodic loop is slowly consumed by reaction and drag; it is necessary to recover water from the cathodic side to maintain steady operation.

*Forrás: [http://en.wikipedia.org/wiki/Direct\\_methanol\\_fuel\\_cell](http://en.wikipedia.org/wiki/Direct_methanol_fuel_cell)*

Mindenkit kérek arra, hogy a dokumentumokat **csatolt fájlként** (.doc formátumban!) küldje és a dokumentum bal felső sarkában szerepeljen a neve, iskolája és osztálya. A dokumentum elnevezésekor a **neveteket** feltétlen tüntessétek fel!

A **helyesírástokat** a beküldés előtt alaposan **ellenőrizzétek**, az elgépeléseketek korrigáljátok.

A következő fordítást is a már a megszokott címre küldjétek:

[kokelangol@gmail.com](mailto:kokelangol@gmail.com)

esetleg hagyományos levél formájában:

KÖKÉL Kémia idegen nyelven (MaLean Ildikó)

BME Két Tanítási Nyelvű Gimnázium

1111 Budapest, Egry József utca 3-11.

**Beküldési határidő: 2009. április 6.**

**Kalydi György****Keresd benne a kémiát!**

Kedves Diákok! Az előző számban megjelent idézetek megoldásait lapzártáig nem kaptam meg, így a megoldásokat is csak az új idézetek megoldásaival együtt közlöm. Remélem még mindenkinek töretlen a lelkesedése, úgyhogy jó munkát kívánok az új feladatokhoz.

**A formai követelményeknek megfelelő dolgozatokat a nevezési lappal együtt a következő címen várjuk 2009. március 30-ig postára adva:** KÖKÉL „Keresd benne a kémiát!”

Kalydi György, Krúdy Gyula Gimnázium  
Győr, Örkény út 8-10 9024

**Új idézetek**

## 7. idézet

„Az *experimentumoknál is egyik ügyetlenséget a másikkal tetézte; tört, zúzott, ami a kezébe akadt, a foszforral való kísérletekhez oxigén helyett hidrogént adott: majd meglőtte vele az egész classist.*” (Jókai Mór: *A nagyenyedi két fűzfa*)

Kérdések:

- ✓ 1. Sorold fel a foszfor allotróp módosulatait, jellemezd a két ismertebbet téralkat, rácstípus, oldhatóság, keménység és toxicitás alapján!
- ✓ 2. Ki fedezte fel a foszfort és mikor? Miből és hogyan állította elő, mit jelent a neve? A magyar és világirodalomban sokszor szerepel egy személy, akinek a neve ugyanazt jelenti, mint a foszforé. Ki Ő?
- ✓ 3. Ismert a foszfornak a hidrogénnel alkotott vegyülete. Mi ez? Jellemezd ezt a molekulát térszerkezet, kötésszög alapján! Szerkezetét tekintve melyik ismert molekulához hasonlít?
- ✓ 4. Írd le a foszfor és az oxigén reakcióját egyenlettel! Mi keletkezik? Hogyan oldódik vízben?
- ✓ 5. Egy magyar tudós nevét is meg kell említenünk, ha a foszforról beszélünk. Ki Ő? A magyar történelem melyik dicső korszakában élt és alkotott?
- ✓ 6. Ki fedezte fel a vörös foszfort?
- ✓ 7. Az ifjabbik Curie házaspárral is kapcsolatba hozható a foszfor egyik izotópja. Miért nagy jelentőségű ez? Egyenletet is írj!

## 8. idézet

„A csarnok egyik oldalát csupa kemencék képezték, miknek téglafala valami intenzív, rőt izzó fénytől volt áthatva. Azokban iszonyú tűznek kellett égni. (...) a felügyelők egy benyújtott vaspálcával, mit azbesztesztyűkben tartottak, megvizsgálták az olvadó üvegfolyadékot...” (Jókai Mór: *A jövő század regénye*)

Kérdések:

- ✓ 1. Plinius az ókor nagy történetírója hogyan írta le az üveg felfedezését?
- ✓ 2. Írd le milyen ion okozza az üveg zöld, barna és kék színét?
- ✓ 3. Az üveg rendkívül ellenálló anyag, mégis mivel végzik az üvegmaratást? Írd le egyenlettel is!
- ✓ 4. Az idézetben szó van az azbesztről. Kémiaileg mi az azbeszt, régen mire használták és miért tiltották be?
- ✓ 5. Az üveg őseit az obszidiánt már az ősember is ismerte. Mi ez valójában és mire használták?
- ✓ 6. Az üveggyártáshoz nagy mennyiségű szódára van szükség. Elsőként a francia Leblanc oldotta meg a szóda ipari előállítását. Írd fel a folyamat lépéseit egyenlettel!
- ✓ 7. A folyamatban keletkező melléktermékek rendkívül környezetszennyezőek. Melyek ezek és miért veszélyesek?
- ✓ 8. Leblanc hányattartott életű tudós volt. Mi történt vele élete utolsó éveiben?
- ✓ 9. Solvay kiküszöbölte a Leblanc-féle szódagyártás hátrányait. Írd le egyenlettel a Solvay-féle szódagyártást! Mi az előnye?
- ✓ 10. Solvay tudományszervező, népszerűsíthető tevékenységet is folytatott. Mi ez?

## 9. idézet

„A nyitott léggömbből a köneny magától le nem jön, mert az 14-szer könnyebb, mint az atmoszféri levegő: hogy pedig a fűtőgépből ne mehessen föl hozzá szikra, arról gondoskodik a szikrafogó.” (Jókai Mór: *A jövő század regénye*)

Kérdések:

- ✓ 1. Mi lehet az idézetben szereplő köneny?
- ✓ 2. Miért veszélyes ezt a gázt léggömbbe, léghajóba alkalmazni? Volt-e már probléma ebből, ha igen micsoda?
- ✓ 3. A köneny helyett milyen más kevésbé veszélyes gázt lehet alkalmazni a léghajók töltésére?
- ✓ 4. Számítsd ki minimum hány dm<sup>3</sup> standard állapotú köneny gáz szükséges 1 tonna teher felemeléséhez?
- ✓ 5. A könenynek ma három izotópja ismert. Melyek ezek?

# MŰHELY



*Kérjük, hogy a MŰHELY című módszertani rovatba szánt írásait közvetlenül a szerkesztőhöz küldjék lehetőleg e-mail mellékletként vagy postán a következő címre: Dr. Tóth Zoltán, Debreceni Egyetem Kémia Szakmódszertan, 4010 Debrecen, Pf. 66. E-mail: tothzoltandr@gmail.com, Telefon: 06 52 512 900 / 22581-es mellék.*

**Ludányi Lajos**

## **A tanulók kémiai részecskékkel kapcsolatos fogalmi rendszere\***

### **1. BEVEZETÉS**

Napjainkban a természettudományok eredményeiről, hátrányairól szóló hírekkel a mindennapok szintjén találkozunk az átlagember; ugyanakkor egyre csökken azok száma, akik értelmezni, továbbgondolni is képesek a beérkező információkat. Ennek egyik oka az általános és középiskolai oktatás által nyújtott természettudományos alapismeretek hiányos, töredezett, jelentéstartalom nélküli rögzülése. Növekszik a tanulási problémákkal küszködő gyerekek aránya, és egyre több, főleg középiskolás diák veszti el motivációját a természettudományok megismerése iránt. A természettudományos tárgyak a tanulók számára elsősorban tények, törvények halmazát, egy készen kapott, abszolútnak

\* A Szerzőnek a Debreceni Egyetem Kémia Doktori Iskolájában készített és február 5-én sikeresen megvédett doktori (PhD) értekezésének (témavezető: Dr. Tóth Zoltán) tézisei.

tűnő keretet, nem pedig logikai következtetéseken alapuló, bárki által használható rendszert jelentenek.

A kémia az általános és középiskolai természettudományos oktatás legösszetettebb, legnagyobb szellemi koncentrációt, absztrakciós készséget igénylő tantárgya. Ez az első olyan tárgy, amelyben a diákok egy új – mindenkire kötelezően előírt – nyelvet és ezzel együtt olyan elvont fogalmi rendszert, egy ehhez társuló szimbólumrendszert kell hogy elsajátítsanak, amelynek elemeivel korábbi tanulmányaik, mindennapi életük során nem kerültek kapcsolatba. Bár a tanulói tudáskiépülés már az iskola előtt megkezdődik, amikor a diákok elméletszerű fogalmi struktúrákat hoznak létre a világ jelenségeinek magyarázatára, de ezekben a naiv elképzelésekben – ellentétben a többi természettudományos tárggyal –, csak alig jelennek meg a kémiában használatos fogalmak. A kémia oktatásának a lényege ezen új kategóriák (atom, molekula stb.) megalkotása. A kémiaoktatás feladata továbbá a fogalmak értelmezéséhez szükséges keretrendszer kialakítása is. A tantárgy nehézségét éppen az jelenti, hogy a tanulók a maguk által kialakított, köznapi fogalmaikhoz társított értelmező rendszert használják a tudományos fogalmak esetében is.

Értelmes tanulás csak úgy lehetséges, ha az új ismereteket a diákok képesek hozzákapcsolni a már meglévő fogalmi struktúrájukhoz. Amennyiben a tanuló naiv fogalma és a tudományosan meghatározott fogalom jelentése, értelmezése között jelentős különbség van, megértési problémák jelentkeznek: az új információ nem illeszkedik az addigi fogalmi rendszerhez. Ekkor a fogalom jelentés nélkül vagy egyre több ellentmondást tartalmazó elképzelésként rögzül. Ez utóbbiak feloldhatatlanságából származó kudarcélmény az egyik feltételezett okozója a természettudományi tárgyak népszerűségvesztésének.

Csak a strukturált módon kialakított tudást lehet hasznosítani, amelyben a tudáselemek kapcsolódnak egymáshoz, hivatkoznak egymásra, és így hoznak létre egy rendszert. A tudás kiépülése úgy történik, hogy az új ismeret a már meglévő rendszer eleméhez, elemeihez kapcsolódik. A tudás ennek következtében nem egyszerűen tények tárháza, hanem fogalmak kiterjedt hálózata. Ezt nevezzük kognitív struktúrának.

Egy új fogalom megalkotásában többnyire egynél több ismertnek feltételezett fogalomra, építőelemre támaszkodunk. Ezek között az

építőelemek között logikai kapcsolatok léteznek; némelyikük párhuzamos tudáselem, mások alá-, fölérendeltségi viszonyban vannak egymással. Hogy a tudáselemek a diákok elméjében miként rendeződve alkotják a fogalmat, az a tanár számára fontos információ, visszajelzés a munkájáról, valamint a diákok gondolkodási sémáiról.

A tanulók fogalmi kereteinek feltárására kidolgozott módszerek között a legkedveltebbek a gráfok segítségével megjeleníthetők (Galois-gráf, fogalmi térkép, tudástér-elmélet). **A fogalmi struktúra feltárására, a változás követésére egy új módszert fejlesztettünk ki, a fenomenográfiával kombinált tudástér-elméletet.** Ez segítséget nyújt abban, hogy a tanulócsoporthoz egyetlen nyílt végű kérdésre adott válaszában a feldolgozásból következtetni lehessen arra, hogy melyek azok a lényegi elemek, amelyeket egy adott fogalom esetén fontosnak tart a diákok többsége; valamint ezek az elemek milyen hierarchia szerint építik fel a fogalmat.

## 2. A FELMÉRÉS CÉLJAI

A célok két területe jelölhető meg munkám kapcsán:

1) Magyarországon még senki nem vizsgálta azt, hogy miként építik fel a diákok alapvető kémiai részecskékkel kapcsolatos fogalmaikat; milyen megértési nehézségekkel kerülnek szembe az oktatás során; tévképzetek mennyire hasonlatosak a külföldi szakirodalomban megjelenőkhöz. Ez a munka úttörő jelentőségű, egyben hiánypótlás a tankönyvírók, tantervfejlesztők és a tanárképzésben dolgozók számára.

2) A fenomenográfiával kombinált tudástér-elmélet egy új módszer a szakdidaktikában. Munkám során igyekeztem bizonyítani a módszer életrevalóságát, használhatóságát különféle pedagógiai-didaktikai kérdések megválaszolása esetében.

### Konkrét célok :

- Megvizsgálni az alapvető kémiai részecskékkel kapcsolatosan kialakult fogalmak rögzülését, a fogalmak felépülését, illetve ezen fogalmakban az oktatás hatására bekövetkező évenkénti finomszerkezeti változást.
- Az egyes fogalmak esetén feltárni azokat az értelmezési nehézségeket, amelyekkel a tanulók a tanítási folyamat során

szembekerülhetnek, és amelyek okozói lehetnek tanulási sikertelenségüknek.

- Megvizsgálni az utóbbi években Magyarországon kiadott 7-8. évfolyamos kémia tankönyvek fogalomépítése, definíciói és a tanulói fogalomalkotás közti kapcsolatot.
- Feltárni a szimbólum- és molekuláris szintek szereplőinek ismertségét, valamint azt, hogy a három szint (anyagi halmaz – szimbólumok – molekuláris szint) között miként tudnak a diákok kapcsolatot teremteni.
- Megkeresni azokat a lehetőségeket a felmérés keretein belül, amelyek az új módszer, a fenomenográfiával kombinált tudástér-elmélet segítségével feldolgozhatók.

## 3. A FELMÉRÉS PARAMÉTEREI

Jelen munka alapját egy 2003-ban elvégzett, 726 (7-11. évfolyamos) az ország legkülönbözőbb tájairól származó hat- és nyolcosztályos gimnáziumi tanuló bevonásával történt felmérés adatai képezik. Az országos felmérőlap témakörei a következők voltak:

- |               |   |
|---------------|---|
| 1. feladat:   | Atom, molekula, elemmolekula, vegyületmolekula, ion, kation, anion, egyszerű ion, összetett ion fogalma |
| 2-3. feladat: | Vegyjel, képlet jelentése   |
| 4-5. feladat: | Az anyagokat alkotó részecskék vizsgálata   |
| 6. feladat:   | Kémiai részecskék töltésének vizsgálata   |
| 7-8. feladat: | Az anyag szerveződése   |

A teszt reliabilitás-vizsgálatánál a Cronbach-alfa értékére 0,8992 adódott, amely arra utal, hogy a mérőlap minden feladatát tekintve homogén.

A didaktogén okok feltárásához a magyarországi 7-8. évfolyamos kémia tankönyvek fogalomkialakítását – meghatározását vizsgáltam a tanulói definíciók hibáinak ismeretében.

## 4. MÓDSZEREK

### 4.1. Statisztikai értékelés

A hagyományos statisztikai értékeléshez a tévképzetkutatásban

használatos hatértékű skálát használtam:

I. táblázat A tévképzetkutatás során használatos értékelés

Válasz pontértéke	0	1	2	3	4	5
Megértés szintje	Nincs válasz	Nincs megértés	Tévképzet	Részleges megértés tévképzettel	Részleges megértés	Teljes megértés

4.2. A fenomenográfiával kombinált tudástér-elmélet módszere

A vizsgálat során a hagyományos statisztikai módszerek mellett a fenomenográfiával kombinált tudástér-elméletet is felhasználtam a fogalmak felépülésének vizsgálatához. Ennek lényege a következő:

A kutatói tevékenység leírása

A tevékenység eredménye

① Mérőlap összeállítása az adott fogalom – például az atom – vizsgálatára. A mérés lefolytatása.

**A FOGALOMRA ADOTT TANULÓI VÁLASZOK:**  
 A legegyszerűbb elemi részecske. Elektronból, protonból és neutronból áll,  $e^-$ ,  $p^+$ ,  $n^0$ .  
 A legkisebb olyan részecske, amit kémiai reakcióval nem lehet tovább bontani.  
 Nincs célja.

② A tanulói válaszok fenomenográfiai vizsgálata: az adott fogalmat felépítő kategóriák megkeresése.  
 Fenomenográfia: egy fogalom, jelenség lényegét adó kategóriák megkeresése bizonyos szabályok betartásával.

**Kategóriák**

① **Az anyag építőegysége** típusú definíció  
 Ilyen definíció például: „Az atom az anyag legkisebb részecskéje.” vagy „Az anyag kémiaiilag tovább nem osztható részecskéje.”

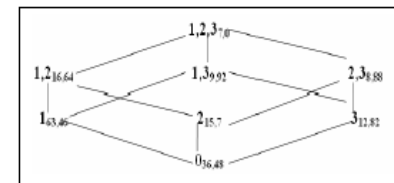
② **Az atom alkotói** típusú definíció  
 Pl. „Az atom protonból, elektronból és neutronból álló semleges részecske.”  
 Vagy „Az atom atommagból és elektronból álló részecske (az atommagban található a proton és a neutron).”

③ **Az atom modellezése** típusú definíció  
 „Az atomot atommag és elektronfelhő alkotja.” ... az atommag körül keringenek az elektronok” stb.

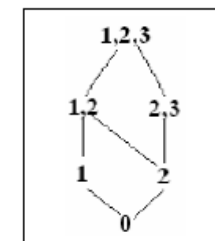
③ A tanulói válaszok csoportosítása a fenomenográfiai kategóriák alapján. Az egyes tudásállapotokba eső tanulók számának meghatározása.

Tudásállapotok	Tanulók száma
[1, 2, 3]	6
[2, 3]	8
[1, 3]	2
[3]	11
[1, 2]	11
[2]	14
[1]	81
Nincs értékelhető megoldás	38

④ A tudásállapotokból a tudástér-elméletnél használatos számítógépes programmal (*Knowledge State Theory-Simplified Analysis*) a tanulócsoport tudásstruktur-gráfjának meghatározása.



⑤ A Potter-féle számítógépes program segítségével a tanulócsoport grájára legjobb illeszkedést adó gráf megkeresése szisztematikus próbálgatással. ( $\chi^2$ -próba)



5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK:

5.1 A tanulók fogalomdefiniálásával kapcsolatos eredmények

5.1.1. A tanulói definíciók jelentős része nem felelt meg a definiálás formai követelményeinek.

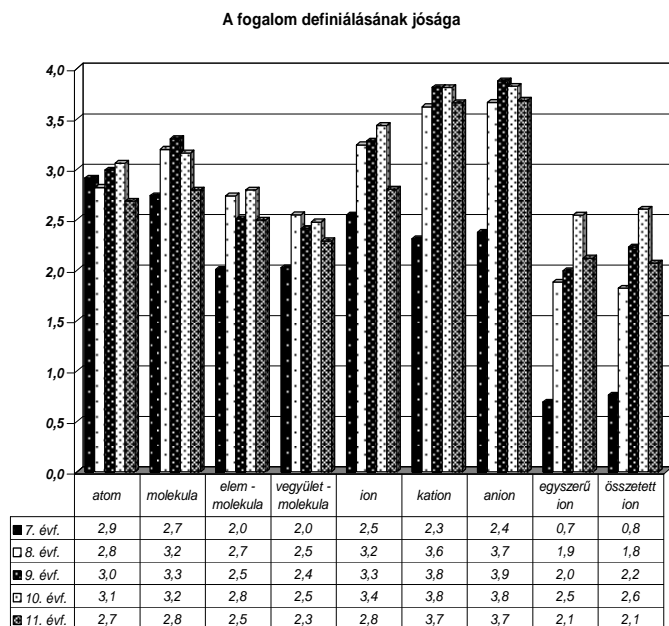
Sok definícióból hiányzott a besoroló fogalom vagy a viszony, sokszor a fogalom neve sem szerepelt. Ez egyrészt arra utal, hogy a diákok nincsenek tisztában azzal, mit is jelent definiálni valamit, másrészt a



hivatalos definícióból csak bizonyos, fontosnak tulajdonított részeket jegyezték meg. A definíciókból egyértelműen kitűnt, hogy az első két évben nem sikerült elsajátítani megfelelően a kémiai szakszargont, így nagyon gyakran a köznapi élet szókincséből származó szavakkal próbálták meg helyettesíteni a hiányzó szakszavakat.

### 5.1.2. Az elsőként tanult definíció rögzül a legjobban.

Az a módszer, hogy az elsőként adott definíciót követően a tankönyvek (tanárok) a tanulók bízják a fogalom kibővítését, kiterjesztését, vagy csak az összefoglaláskor adnak meg egy komplexebb definíciót, nem hatékony.



1. ábra A kémiai fogalmak definiálásának sikeressége évfolyamonként (Maximális pontérték: 5)

### 5.1.3. A definiálás sikerességét meghatározza a fogalmazás nyelvi bonyolultsága.

A legsikeresebb az ion, anion, kation fogalmának definiálása volt, mivel ezek a legrövidebben megadható definíciók. A legnehezebben

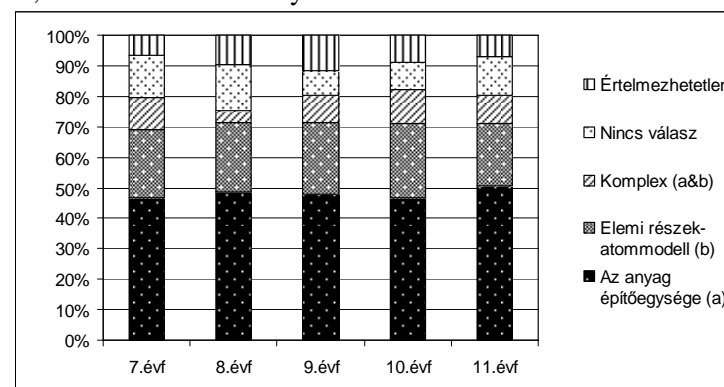
definiálhatók azok a fogalmak bizonyultak, amelyeket a tankönyvek (tanárok) többnyire nem definiáltak (elemmolekula, vegyületmolekula, egyszerű és összetett ion), így a tanulók a szóösszetétel tagjaiból próbálták meg levezetni jelentésüket.

A definiálás sikeressége ugyanakkor nem volt összhangban a definíció tartalmának megértésével. A fogalmak definiálásában többnyire a 10. évfolyamos tanulók voltak a sikerebbek, nem pedig a legtöbb kémiai ismerettel rendelkező 11. évfolyamosok.

## 5.2. Az atomfogalommal kapcsolatos eredmények

### 5.2.1. Az atomfogalomra adott definíciók tartalmának megoszlása az évek során alig változik.

A tanulók ~50%-a a kezdeti, – az atom az anyag legkisebb (kémiaiilag oszthatatlan) részecskéje – atomdefiníciót adta. Kb. 20%-nyi diáknak nem volt értékelhető elképzelése az atom fogalmáról. Közel 30%-nyi diák pedig komplex definíciót adott, amelyben megemlítette az atom összetevőit, illetve kitért valamely atommodellre.

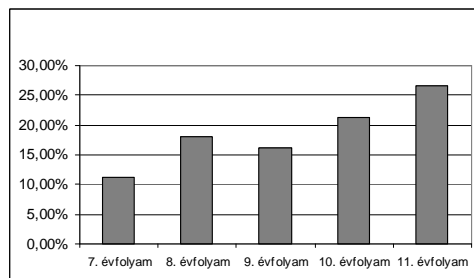


2. ábra Az atomdefiníció tartalmának megoszlása évfolyamonként

### 5.2.2. Az atomdefiníciók leggyakoribb hibája az atom elemi részecskévé nyilvánítása.

Ez a tévképzet a nemzetközi szakirodalomban nem szerepel. Ez a félreértelmezés egyértelműen a magyar nyelv sajátosságához kötődik, mivel a diákok az *elemi* szót köznapi jelentésében használják: az *alapvető*,

illetve az *elemből képződött* szó szinonimájaként jelenik meg a definiálásuk során.



3. ábra Azon diákok számaránya évfolyamonként, akik elemi részecskéként definiálják az atomot

### 5.2.3. Az atom tanulói definícióinak fenomenográfiai vizsgálata.

Eszerint a diákok három fogalomalkotó alapkategória kombinációból állították össze definícióikat. Ezek:

1. Az anyag építőegysége. Pl.: „Az atom az anyag legkisebb részecskéje.”
2. Az atom alkotói típusú definíció. Pl.: „Az atom protonból, elektronból és neutronból álló semleges részecske.”
3. Az atom modellezése típusú definíció. Pl.: „Az atomot atommag és elektronfelhő alkotja.”

### 5.2.4. A tanulócsoportok jellemző tudásszerkezete

A fenomenográfiaival kombinált tudástér-elmélet alapján kapott modellek azt mutatják, hogy a hetedik évfolyamon egy olyan szerkezet rögzül, ahol az atom mint részecske különválik az atom alkotóitól, azok modellként történő elképzelésétől. 8. évfolyamon kezdődik meg egy látványos átrendeződés a fogalomalkotók között, amely átrendeződés végül olyan szerkezettel zárul, amelyben az atom modellként való leírása kerül előtérbe.

	7. évfolyam	8. évfolyam	9. évfolyam	10. évfolyam	11. évfolyam
A FOGALOM FELEPÜLÉSET LEÍRÓ HASSE-DIAGRAMMOK			① ② ③		
	① ② ③	① ② ③	① ② ③	① ② ③	
		① ② ③	① ② ③		① ② ③
			① ② ③	① ② ③	
Jelmagyarázat	① Az anyag építőegysége típusú definíció ② Az atom alkotói típusú definíció ③ Az atom modellezése típusú definíció				

4. ábra A tanulók atomfogalommal kapcsolatos tudásszerkezetét évfolyamonként leíró Hasse-diagramok

### 5.3. A molekulafogalommal kapcsolatos eredmények

#### 5.3.1. A kovalens kötés értelmezésével kapcsolatos problémák

A diákok a molekula definíciójában nem tértek ki az atomokat összetartó erőre, azokat atomcsoportként, „összeragadt egységként” kezelték. Pl.: „[A molekula] Több atomból álló egység”. Többen nem tudták értelmezni a kovalens kötést, magát a kötést is fizikai egységként kezelték. Pl.: „[A molekulák] Atomokból és kovalens kötésekkel állnak”.

Az évfolyamok tekintetében egyre növekedett azok száma, akik a molekulán belüli kötést a kovalens kötés kárára elsőrendű, illetve másodrendű kötésként vagy ionos kötésként értelmezték.

#### 5.3.2. A molekulafogalom tanulói definícióinak fenomenográfiai vizsgálata

A diákok három fogalomalkotó alapkategória kombinációból állították össze definícióikat. Ezek:

1. A molekula egy részecske. Pl.: „Összetett kémiai részecske.”
2. A molekulát atomok alkotják. Pl.: „Több atomból áll.”
3. A molekulát (kovalens) kötés tartja össze. Pl.: „Kovalens kötés által létrehozott részecske.”

## 5.3.3. A tanulócsoporthok jellemző tudásszerkezete

	7. évfolyam	8. évfolyam	9. évfolyam	10. évfolyam	11. évfolyam
A FOGALOM FELEPÜLÉSÉT LEÍRÓ HASSE-DIAGRAM					
Jelmagyarázat:	① A molekula egy (bontható, összetett) részecske. ② A molekulát atomok alkotják. ③ A molekulát kovalens kötés tartja össze.				

## 5. ábra A tanulók molekulafogalommal kapcsolatos tudásszerkezetét évfolyamonként leíró Hasse-diagramok

A fenomenográfiával kombinált tudástér-elmélet alapján kapott modellek azt mutatják, hogy a hetedik évfolyam atomon alapuló molekulafogalma (atomokból tevődik össze a molekula, és az atomok közti kovalens kötés tartja össze a részecskét), a nyolcadik évfolyamon átrendeződik. A molekula mint kémiai részecske fogalma elkülönül a molekula létrejöttétől és alkotóitól. A 11. évfolyamra viszont a diákok visszatérnek az atomon alapuló molekulafogalomhoz.

## 5.4. Az ionfogalommal kapcsolatos eredmények

## 5.4.1. Az ionfogalom értelmezési problémái

- Az ion definiálásának sikeressége hetedik évfolyamon a legrosszabb. Ennek egyik valószínű oka, hogy ekkor még az ionfogalom megértéséhez szükséges fizikai alapok hiányoznak.
- A diákok számára az ion fogalma a töltöttség szinonimája, és többek számára az ion szó magát a vegyjel sarkában megjelenített töltésjelet jelenti. Pl.: „Egy elem / vegyület töltését nevezzük ionnak.”
- A hiányos definíciók leggyakoribb hibája a *kémiai* jelző elmaradása a részecske szó elől, pl.: „Töltéssel rendelkező részecske”.

- A tanulók közül többen egybenmosták az egyszerű és az összetett ionok keletkezésének folyamatát, amely így helytelen definíciót eredményezett. Pl.: „[Az ion] Atomokból keletkezik elektron vagy proton leadással / felvétellel.”

## 5.4.2. Az ion tanulói definícióinak fenomenográfiai vizsgálata

A diákok három fogalomalkotó alapkategória kombinációiból állították össze definícióikat. Ezek:

1. Az ion egy (kémiai) részecske. Pl.: „Kémiai részecske.”
2. Az ion töltéssel rendelkezik. Pl.: „Megmutatja, hogy az egyes elemeknek milyen töltése van.”
3. Az ion keletkezése, ionkötés létrejötte. Pl.: „Elektron vagy proton leadásával jön létre.”

## 5.4.3. A tanulócsoporthok jellemző tudásszerkezete

	7. évfolyam	8. évfolyam	9. évfolyam	10. évfolyam	11. évfolyam
A FOGALOM FELEPÜLÉSÉT LEÍRÓ HASSE-DIAGRAMOK					
Jelmagyarázat	① Az ion egy (kémiai) részecske. ② Az ion töltéssel rendelkezik. ③ Az ion elektron (proton) felvétellel-leadással keletkezik.				

## 6. ábra A tanulók ionfogalommal kapcsolatos tudásszerkezetét évfolyamonként leíró Hasse-diagramok

A fenomenográfiával kombinált tudástér-elmélet alapján nyert modellek szerint a hetedik évfolyamon az ionfogalom felépülésében az ion, mint kémiai részecske jelenik meg, erre az ismeretre épül rá, hogy van töltése, és az is, hogy elektronfelvétellel vagy -leadással keletkezik. E két utóbbi elem párhuzamos tudáselem. Ez a tudásszerkezet átmeneti állapotokon keresztül úgy alakul át, hogy az ion töltöttsége válik meghatározóvá.

### 5.5. A kémiai részecskék töltésével kapcsolatos eredmények

- Mit jelent a töltöttség, mikor semleges egy részecske? Ennek megértése komoly problémát jelent, különösen hetedik évfolyamon, hiszen hiányoznak a megértéshez szükséges fogalmak.
- A tanulók ~10%-a egészen a 9. évfolyamig nem tudta helyesen értelmezni, hogy miként lehet semleges az atom, ha benne pozitív és negatív töltések is vannak.
- A hetedik évfolyamos diákok 50%-a hibás választ adott a molekula töltésére, és a további évfolyamokon is csak a diákok ~70%-a ismerte a helyes választ. A hibás válaszadás elsősorban a dipólus molekulák helytelen ismeretéből adódik.

### 5.6. A kémiai szimbólumok ismeretével kapcsolatos eredmények

- A kémiai szimbólumok ismertsége jónak mondható, a diákok sikerrel ismerték fel az alapvető kémiai részecskék szimbólumait. A tanulók többsége a szimbólumok jelentését molekuláris szinten értelmezte:  $H$ : hidrogénatom;  $H_2$ : hidrogénmolekula;  $H^+$ : hidrogénion. Tíz százalék alatti azon diákok aránya, akik a szimbólumok jelentésénél kitértek annak mennyiségi jelentésére is.
- A leggyakoribb hiba, hogy a szimbólum jelentése a periódusos rendszerbeli névre korlátozódott csupán. Pl.: „ $H$ : hidrogén”.
- Hetedik évfolyamon 13%-nyi diáknak, míg nyolcadik évfolyamon 15%-uknak jelentett problémát a szulfácion molekulaként vagy ionként történő besorolása. Ennek oka, hogy az indexek helyétől

függően sorolták be az illető jelölést (a jobb felső index iont, a jobb alsó molekulát jelentett).

### 5.7. A kémia makro- és a molekuláris szintjének kapcsolata

- A molekuláris és a makroszint kapcsolata közötti korreláció gyenge, gyenge-közepes ( $p < 0,001$ ). A tanulók helyesen definiálták ugyan az alapvető kémiai részecskék fogalmát, de arra a kérdésre, hogy makroszinten értelmezett anyagok (homok, levegő, só, gyémánt stb.) konkrétan milyen kémiai részecskéket is tartalmaznak, már helytelen válaszokat adtak.
- A leggyakoribb hiba, hogy az alkotó entitás típusa helyett képlettel válaszoltak, vagy az atomi szintig csupasztították le a válaszaikat. Pl.: „*A cukrot C, H és O alkotja*”.
- A legnagyobb probléma az ionkötésű anyagok (só, sós víz, gipsz stb.) alkotóinak meghatározása. A tanulók tévképzetei megegyeznek a nemzetközi tapasztalatokkal. Bár sokan tudtak arról, hogy ionkötésű vegyületekről van szó, de például magát a NaCl képlettel jelölt vegyületet ionkötéssel létrejött, bináris molekulának gondolták.
- A levegő alkotóinál igen gyakori, hogy abban hangsúlyozottan jelent meg a víz, és a képletét additívan kezelve a levegő alkotói között a  $H_2$  is megtalálható volt.

### 5.8. A fenomenográfiával kombinált tudástér-elmélet használhatósága

A feldolgozás során egyértelművé váltak az új módszer oktatásban történő használatának jellemzői.

Előnyei közé sorolható:

- Felderíthető vele egy-egy fogalom strukturális felépülése.
- Kimutatható a fogalmi rendszer szerkezetében bekövetkező változás.
- Feltérképezhetőek a hibásan rögzült fogalom rögzülésének okai.
- Olyan finomszerkezetű változások is kimutathatók, amely változások a hagyományos statisztikai módszerek esetén láthatatlanok maradnak.

- A Hasse-diagramok alkalmazásával jól értelmezhető, képi megközelítést adja az eredményeknek.

#### Hátrányai:

- Két, magában is igen munka- és időigényes módszer kombinációját jelenti.
- A fenomenográfiai kategóriák megtalálása gyakorlatot igényel.
- A tudástér-elmélet matematikai alapját biztosító számítógépes program csak korlátozott itemszámú feladat értékelését teszi lehetővé.
- A program freeware jellege miatt az eredményként kapott gráfok manuális megalkotása 7 item után már meghalad(hat)ja az emberi szem és agy befogadóképességét.
- A gráfokat Hasse-diagramokká konvertáló számítógépes program hiányában az itemszám növekedésével exponenciális arányban megjelenő Hasse-diagramok közül a ténylegesen szerepet játszókat megtalálása csak kellő tapasztalat birtokában történhet.

Ezen gátló tényezők miatt a módszer mindaddig, amíg egy felhasználóbarát program meg nem születik a tudástér-elmélet eredményének grafikus értelmezésére, illetve ezen gráfok Hasse-diagramokká történő átalakítására, elsősorban a pedagógiai-módszertani kutatásokban kaphat igazán jelentős szerepet.

### 5.9. A tanulói hibák és a tankönyvek kapcsolata

A fogalmak definiálásánál felbukkanó értelmezési problémák egyértelműen kapcsolatba hozhatók voltak a tankönyvekben található definíciók hangsúlyeltolódásaival, a fogalmak megalapozásának módszertani buktatóival.

A mérés tapasztalatai szerint a tanulók fogalmai nem fejlődnek olyan gyorsan, nem történik meg a fogalom beépülése olyan sebességgel, mint ahogy a tankönyvek és a tanári magyarázat alapján az várható.

### 6. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI ALKALMAZÁSA

Jelen munka eredményei figyelmeztetőek a kémia oktatásában szerepet vállalók számára. Azt bizonyítják, hogy kémiaoktatásunk

tradicionális módszere a legjobb tanulókból álló mintán is csak közepesnek minősíthető eredményt ad a kémia alapfogalmait illetően. Mindez arra világít rá, hogy a kémiai fogalmak absztrakt jellege, egy, a diákok számára addig ismeretlen szemléletmód megismertetése, az új szaknyelv elsajátítása nagyobb odafigyelést, a használatos módszerek átgondolását igényli. A XXI. században hatékonyabb kémiai oktatás csak akkor várható, ha szemléletmódváltás következik be az oktatásban. Ennek a szemléletmódváltásnak nem annyira a tartalomra, mint az oktatási módszerre kell hatással lennie. Jelen pillanatban legígéretesebbnek a konstruktivista szemléletmód meghonosodása tűnik. Az elmélet és a hozzá kapcsolódó módszertan a természettudományos tárgyak oktatásában azzal segítene leginkább, ha felváltaná az akadémikus szemléletmódot egy tanulócentrikus szemléletmóddal, amely kevésbé idegenítené el a tárgytól a diákokat.

Jelen értekezésben a fogalmakkal kapcsolatosan feltárt értelmezési problémák a tankönyvírók, szakmódszertan-kutatók és a pedagógusok számára egyaránt iránymutatóak. Arra figyelmeztetnek, hogy a már beváltak gondolt módszerek is rengeteg buktatót tartalmaznak; azaz a tanári munka folytonos önellenőrzést, módszertani megújulást igényel. Amennyiben már a legalapvetőbb kémiai fogalmakkal kapcsolatosan is értelmezési problémák adódnak, nem várhatjuk el diákjainktól a tárgyhoz való pozitív viszonyulást.

A tanítási folyamat nyomon követésére a tanárnak információt kell arról szereznie, hogy milyen fogalmi struktúrával rendelkezik a tanuló a tanulási folyamat megkezdésekor, és ez a fogalmi rendszer miként változik meg az oktatási folyamat során. Ezen ismeretek birtokában alakíthatja úgy óravezetését, hogy megtalálja a kapcsolódási pontokat a diákok fogalmi rendszeréhez, ellenőrizni tudja munkájának hatását. A fenomenográfiával kombinált tudástér-elmélet többféle módon történő felhasználását mutattam be az értekezés során, sikerrel használtam fel különféle pedagógiai-módszertani kérdések megválaszolására. A már bevált módszerek mellett hathatós segítséget nyújthat abban, hogy a tanárok, kutatók képet alkothassanak arról, miként is történik meg egy-egy fogalom értelmezésének változása a tanulócsoporton belül.

Az értekezés eredményeinek többsége szakmai folyóiratokban, konferenciákon már ismertetésre került. Közvetett módon történő további hasznosulása akkor következhetne be, ha a tanárképzés anyagába is bekerülnének az itt feltárt tanulói értelmezési nehézségek, és a leendő



pedagógusok már annak ismeretében kezdenék meg munkájukat, hogy tisztában lennének módszereik buktatóival.

## 7. TUDOMÁNYOS PUBLIKÁCIÓK

### 7.1. Az értekezéshez kapcsolódó publikációk:

#### 7.1.1. Külföldi referált folyóiratokban megjelent közlemények:

1. Tóth Zoltán, Ludányi Lajos: **Combination of Phenomenography with Knowledge Space Theory to Study Students' Thinking Patterns in Defining an Atom** *Chemistry Education Research and Practice*, 2007; **8** (3), 327-336.
2. Tóth Zoltán, Ludányi Lajos: **Using Phenomenography Combined with Knowledge Space Theory to Study Students' Thinking Patterns in Describing an Ion** *Journal Of Baltic Science Education* 2007; **6** (3), 27-33.

#### 7.1.2. Hazai referált folyóiratokban megjelent közlemények:

1. Ludányi Lajos: **Kémiai fogalmak jelentésváltozásai a diákok gondolkodásában** *Magyar Kémikusok Lapja* 2006. 61. szám 173-178 o.
2. Ludányi Lajos: **Kémiai Bábel** *Iskolakultúra* 2007. 1. szám 3-18.
3. Ludányi Lajos: **A levegő összetételével kapcsolatos tanulói koncepciók vizsgálata** *Iskolakultúra* 2007. 10. szám 50-63.

#### 7.1.3. Hazai nem referált folyóiratban megjelent közlemények:

1. Ludányi Lajos: **Az atomfogalom tanításának lehetőségei és problémái I. Elméleti alapok** *KöKéL* 2006/5 340-350.
2. Ludányi Lajos: **Az atomfogalom tanításának lehetőségei és problémái II. Hazai tapasztalatok** *KöKéL* 2007/1 68-84.

#### 7.2. Az értekezéshez kapcsolódó előadások:

1. Ludányi Lajos: **Kémiai fogalmak jelentésváltozásai a diákok gondolkodásában III.** *Országos Neveléstudományi Konferencia, Budapest, 2003.* (Tartalmi összefoglalók: 346. oldal)
2. Ludányi Lajos - Tóth Zoltán: **Kémiai fogalmak jelentésváltozásai a diákok gondolkodásában XXI.** *Kémia tanári Konferencia, Pécs, 2004.* (Előadás-összefoglalók: 84. oldal)
3. Ludányi Lajos: **Hogyan képzelik el a tanulók a részecskéket?** *IV. Országos Neveléstudományi Konferencia, Budapest, 2004.* (Tartalmi összefoglalók: 308. oldal)

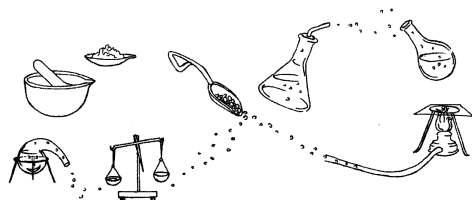
4. Ludányi Lajos: **Az iskolatípus és a tanítási módszer hatása a tudásszerkezetre V.** *Országos Neveléstudományi Konferencia, Budapest, 2005.* (Tartalmi összefoglalók: 161. oldal)
5. Ludányi Lajos - Tóth Zoltán: **Tanulók részecskéikkel kapcsolatos definícióalkotásának vizsgálata XXII.** *Kémia tanári Konferencia, Veszprém, 2006.* (Tartalmi összefoglalók: 48. oldal)
6. Ludányi Lajos: **Kémiai Bábel VI.** *Országos Neveléstudományi Konferencia, Budapest, 2006.* (Előadás összefoglalók: 48.o)
7. Tóth Zoltán – Ludányi Lajos: **Új lehetőség a tudás szerveződésének vizsgálatában: a fenomenografikus elemzéssel kombinált tudástér-elmélet** *Pedagógiai Értékelési Konferencia Szeged, 2007.* (Előadás összefoglalók: 75.o)
8. Ludányi Lajos: **Horror Vacui VII.** *Országos Neveléstudományi Konferencia, Budapest, 2007.* (Előadás összefoglalók: 75.o)
9. Ludányi Lajos: **Didaktogén tévképzetek XXIII.** *Kémia tanári Konferencia, Budapest, 2008.* (Előadás összefoglalók: 70-71. oldal)

#### 7.3. Az értekezéshez kapcsolódó posztterek:

1. Ludányi Lajos – Tóth Zoltán: **How do students define the concept of the atom 8<sup>th</sup> ECRICE, Budapest, 2006.** (Előadás összefoglalók: 151.o)
2. Ludányi Lajos - Tóth Zoltán: **Kémiai fogalmak jelentésváltozásai a diákok gondolkodásában XXI.** *Kémia tanári Konferencia, Pécs, 2004.* (Előadás-összefoglalók: 165. oldal)
3. Ludányi Lajos- Tóth Zoltán: **Az atom fogalmának változása a tanulói definíciókban XXII.** *Kémia tanári Konferencia, Veszprém, 2006.* (Előadás összefoglalók: 94.o)
4. Tóth Zoltán – Ludányi Lajos: **Using phenomenography combined with knowledge space theory to study students' thinking patterns in defining an atom 12th Biennial Conference for Research on Learning and Instruction, Budapest, 2007.**

A kutatást az OTKA (T-034288, T-049379) támogatta.

## Határtalan kémia...”



Dr. Szalay Luca

### Nézd meg a neten!

Sok embernek jóval több remek ötlete van, mint amennyinek a megvalósítására az idejéből futja, és ez alól a kémiatanárok sem kivételek. Még abban az igen szerencsés helyzetben, ha a munkánkat egyben a fő hobbinak is tekintjük, a nap 24 órája véges, nincs mindenre idő. Ezért kell szenvedélyesen gyűjteni és körültekintően használni mindazt, amit mások előttünk már létrehoztak abból a célból, hogy a kémia tanítását és a tanulását könnyebbé, változatosabbá és élvezetesebbé tegyék.

A világháló széleskörű elterjedése felbecsülhetetlen értékű eszközt adott a kezünkbe, ami exponenciálisan növeli az információcsere sebességét és hatékonyságát. Azonban tapasztalatból tudjuk, hogy a neten való keresgéssel is hosszú órákat tölthetünk, mire a szabad felhasználású oldalakról összevadásszuk és megszerkesztjük azt az anyagot, amire éppen szükségünk van. Jól jön tehát minden tanács is, ami megkönnyítheti a munkát. A következőkben néhány adatbázist, programot, blogot stb. ajánlok a reménybeli felhasználók (tanárok és diákok) figyelmébe.

A megújult Sulinet Digitális Tudásbázis, azaz az SDT (1), melynek Kémia része az „Ember és természet” műveltségterület linken keresztül érhető el, egy értékes új foglalkozásgyűjteménnyel is bővült, melynek címe „Realika”. Ez egy lengyel készítésű digitális tananyag magyarra fordított változata, amely közvetlenül is elérhető az EDUCATIO Kht. honlapján (2). Sok, és igen jó minőségű videóbejátszást, szellemes animációkat és hozzájuk kapcsolódó (gyakran igen ötletes) interaktív feladatokat találhatunk benne, amelyek aktív táblán és szavazógéppel is használhatók. (Ez utóbbi eszköz persze igen drága, és a természettudományos tárgyakat tanító tanárok körében 2008 nyarán végzett kérdőíves felmérésünk (3) szerint az iskolákban ezért még jóformán teljesen ismeretlen. Hosszútávon azonban - mivel biztosítja az azonnali visszacsatolást, és a tanulók indivi-

duális fejlődésének, valamint a csoport eredményeinek követését és megőrzését – szélesebb körű elterjedése várható Magyarországon is.)

A Magyar Elektronikus Taneszköz Adatbázis és Etalontár (META) új szolgáltatása az Oktatókutatató és Fejlesztő Intézet Fejlesztési és Innovációs Központjában kidolgozott készség- és kompetenciafejlesztő feladatok elérésének biztosítása, ahonnan a tanulók számára kidolgozott fejlesztő feladatok kémiából is letölthetők és szabadon másolhatók (4) úgy, hogy ezen az oldalon a „META új szolgáltatása...” kezdetű bekezdésben a „KÉMIA” szóra kattintunk. (A letöltés kicsit időigényes, lévén az adatbázis és memóriaigénye egyaránt igen nagy! Viszont ez egyben a feladatok széles választékát is jelenti.)

Elsősorban a vegyipari szakképzés számára készültek, de a felsőoktatásban is használhatók, a nem szakképzéssel foglalkozó középiskolákban pedig különféle projektek és a szakköri munka kiindulópontjául szolgálhatnak a PROBASE adatbázis (5) összetett gyakorlati feladatai. Ezek a szokásos kvantitatív analitikai méréseken túl sok érdekes és újszerű megközelítésű (ún. probléma-alapú) feladatot tartalmaznak. Például megismerkedhetnek a diákok a kombinatorikus kémia elvével, megtanulhatják egy olyan szoftver használatát, amely „jóslatokat” készít arra vonatkozóan, hogy valamely adott képletű szerves vegyület milyen valószínűséggel bír gyógyhatással, vagy eljátszhatják a törvényszéki szakértő analitikus szerepét is egy elképzelt bírósági tárgyaláson. Ezek a projektmunkák előre tervezett és szisztematikus módon fejlesztik a diákok azon képességeit, amelyek felnőtt életük során szükségesek lesznek a szakmai sikerek eléréséhez. Hozzászokhatnak a csapatmunkához, az adott feladathoz rendelkezésre álló idő és az anyagi erőforrások ésszerű beosztásához, s gyakorolhatják a hatékony kommunikáció különféle módszereit. A 32 összetett gyakorlati feladatból 16 magyar nyelven is elérhető az adatbázisban (6), ahol a feladat címére kattintva pdf fájlban tölthetik le a tanárok az összes instrukciót és háttér-információt is tartalmazó leírást. Minden feladathoz rendelkezésre áll interaktív teszt is (7).

S persze található megszámlálhatatlan kísérlet is az interneten, amelyek alapfokú angol nyelvtudás birtokában többnyire könnyen megérthetők és kivitelezhetők. Kisebber gyerekek számára biztonságos otthoni kísérletek leírását (8), vagy érdeklődő diákoknak ingyenes felhasználású virtuális laboratóriumot (9) egyaránt találhatunk a világhálón. Ha pedig valamely különleges alkalomból (nyílt nap, iskolanap stb.) hatásos bemutatóval szeretnénk elkápráztatni a diákokból (esetleg szülőkből) álló nagyjérdeműt, ahhoz is van muníció (10).

Ajánlok még két programot is. A Symyx Draw 3.1 program, az ISIS továbbfejlesztett változata, kémiai szerkezeteket rajzol, és kapcsolódó szolgáltatásai vannak. Oktatási célokra teljesen ingyenes. Letölthető a forgalmazó VSNi weboldaláról (11). A GenStat for Teaching elsősorban statisztikai jellegű adatfeldolgozásra alkalmas program, ami oktatási célokra szintén ingyenes (12). Ez utóbbi program regisztrációköteles, és kérés esetén részt kell venni – a forgalmazó költségén - alkalmazásokat felmérő webes vagy telefonos adatgyűjtésben.

Vannak már kémia (és/vagy fizika) tárgyú magyar nyelvű blogok is (11, 12)! Ezek rengeteg érdekességet tartalmaznak, teljesen bele lehet felejtkezni a nézegetésükbe, olvasgatásukba. Ellenőrzés után lehet az ilyeneket ajánlani másoknak is.

S végezetül álljon itt még néhány interaktív periódusos rendszer linkje (15-17). Jó szórakozást és kellemes időtöltést kívánok mindenkinek (bármilyen szokatlanul is hangzik ez sokaknak a kémia vonatkozásában...)!

#### Irodalomjegyzék:

- (1) <http://sdt.sulinet.hu>
- (2) <http://realika.educatio.hu/ctrl.php/unregistered/courses>
- (3) <http://oknt.blog.hu>
- (4) <http://www.tanszertar.hu>
- (5) <http://www.pro-base.eu>
- (6) <http://www.compacitypro.nl/Hungariantranslations/tabid/370/Default.aspx>
- (7) <http://www.compacitypro.nl/ProBaseHome/tabid/377/Default.aspx>
- (8) [http://chemistry.about.com/od/homeexperiments/Chemistry\\_Experiments\\_You\\_Can\\_Do\\_at\\_Home.htm](http://chemistry.about.com/od/homeexperiments/Chemistry_Experiments_You_Can_Do_at_Home.htm)
- (9) <http://www.virtlab.com/main.aspx>
- (10) <http://www.whynotchemeng.com/uk-and-ireland/teachers/top-ten-flash-bang-demos>
- (11) <http://www.symyx.com/micro/getdraw/>
- (12) <http://www.vsni.co.uk/downloads/genstat-teaching/>
- (13) <http://h2so4.blog.hu>
- (14) <http://szertar.blog.hu/>
- (15) <http://www.touchspin.com/chem/DisplayTable.html>
- (16) <http://www.webelements.com/>
- (17) [http://www.rsc.org/chemsoc/visualelements/PAGES/periodic\\_table.html](http://www.rsc.org/chemsoc/visualelements/PAGES/periodic_table.html)

(Az utolsó látogatás dátuma minden fentebb felsorolt weboldal esetében: 2009. február 15.)

Dr. Szalay Luca  
ELTE Kémiai Intézet  
[luca@chem.elte.hu](mailto:luca@chem.elte.hu)