

Stáray Judit

Tömegspektrometria

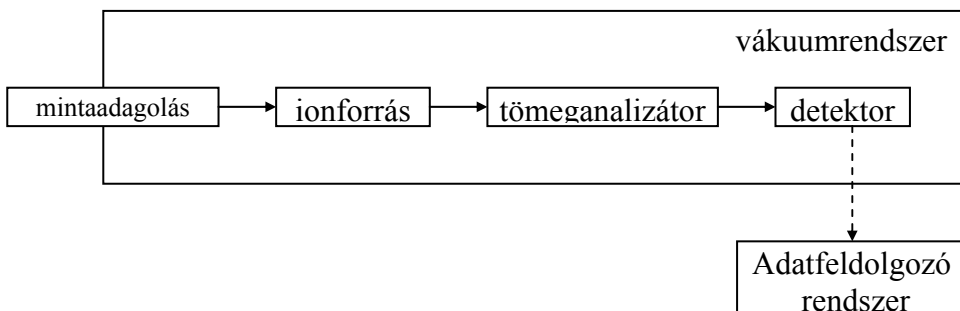
1. Bevezetés

A szerkezetkutatás, azaz az ismeretlen vegyületek azonosítása, egy adott molekula szerkezetének meghatározása a kémia egyik igen speciális és érdekes szakterülete. A vizsgálandó anyag tulajdonságaitól függően számos módszer közül választhatunk. Rutinszerűen alkalmazott vizsgálati módszerek közé sorolható az NMR (Nuclear Magnetic Resonance, magyarul: mágneses magrezonancia), az IR (Infrared, infravörös) spektroszkópia, és számos más módszer mellett a tömegspektrometria. A következő pár oldalon a tömegspektrometria elméletét, alapelveit, a műszer felépítését mutatom be, és röviden betekintést adok a módszer alkalmazási területeibe is.

2. A tömegspektrométerek működésének elmélete

Egy tömegspektrometriás vizsgálat során semleges részecskékből ionokat állítunk elő, majd ezeket tömeg/töltés szerint elválasztjuk. Az elválasztott ionokat detektálva kapjuk meg a tömegspektrumot.

A tömegspektrométer felépítése a következő általános sémán látható:



Az ábrán látható, hogy a tömegspektrométer jelentős részében légritkított tér, un. vákuum van, mivel az ionizációhoz általában használt elektronok, és a képződött ionok elnyelődnek a tere kitöltő gázban. A vákuumrendszerben szereplő nyomást mbar-ban szokás megadni (1bar=10⁵Pa). A nyomás értékétől függően megkülönböztetünk ún. elővákuum-tartományt, ahol közelítőleg 10⁻²-10⁻³ mbar nyomás van. Ilyenek a nagyvákuum-szivattyúk előtti terek, illetve a mintabeeresztő-rendszer külső terei. A nagyvákuum-tartományban a nyomás

10⁻⁵ mbar és 10⁻¹⁰ mbar között van, melyeket diffúziós vagy turbomolekuláris szivattyúk segítségével érünk el. Ilyen nyomáson megy végbe az ionizáció, a tömeganalízis és a detektálás is. Ezekben az egységekben ütközés csak nagyon ritkán fordul elő.

2.1. Mintabeeresztés és az ionizációs technikák

A mintát először is a tömegspektrométerbe kell juttatni. A mintabeeresztő egység feladata az, hogy a vizsgált mintát (szilárd, folyadék vagy gázfázisú) a berendezés vákuum terébe juttassa, ennek során az intermolekuláris erők felbomlanak és izolált molekulák tanulmányozására nyílik lehetőség. Gyakran szokás ezt atomizációnak is nevezni, az „atom” szót nem kémiai értelemben használva, hanem eredeti jelentésére, a „kis építőelem”-re utalva. Alapvetően két különböző beeresztési technika közül választhatunk, amelyek a következők: 1. közvetlen, ionforrásban történő, ún. direkt elpárologtatás; 2. a mintaadagolás előtt valamilyen szeparációs, elválasztási technikát (gáz-, folyadék-kromatográfia, stb.) alkalmazva juttatjuk a mintát a készülékbe.

A minta előélete ismeretében eldönthetjük, hogy milyen ionizációs módszert (ionforrást), melyik készüléktípust, és ezzel egyidőben milyen adagolási technikát kívánunk az adott probléma megoldására használni. A következőkben a különböző ionizációs technikákat foglalom össze röviden.

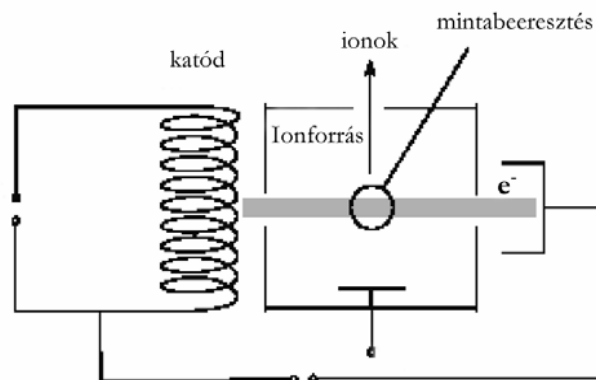
2.1.1. Elektronütközéses ionizáció (Electron Impact Ionization, EI)

A legáltalánosabb ionizációs módszer, igen jól reprodukálható eredményt szolgáltat, és a nagy mértékű fragmentációból a molekula szerkezetének azonosítása könnyen megoldható feladat. A molekula elektronokkal ütközve ionizálódik és gerjesztődik, amit az ion belső energiájától függően különböző mértékű fragmentáció követ. Általában elfogadott a 70 eV energiájú elektronnyaláb használata, de speciális vizsgálatokhoz ennél jóval kisebb, 10–20 eV energiájú elektronokat is használnak (1 eV = 96.5 kJ/mol). Az elektronokat egy fémszál (pl. W-szál) hevítésével, un. izzó katódból nyerjük. Az 1. ábrán látható az ionforrás felépítése, az elektronnyaláb útja, és a képződött ionok haladási iránya. A kölcsönhatás során az elektronnyaláb nem adja át teljes energiáját a molekulának, hanem rugalmatlan szóródási folyamatban ionizálja és gerjeszti azokat. Szerves molekulák esetében ionizációra általában mintegy 10–12 eV, míg gerjesztésre néhány eV fordítódik, mely utóbbi elegendő ahhoz, hogy a

képződött ionok további folyamatokban vegyenek részt (átrendeződés, kötéshasadás). Azokat az ionokat, melyek nem reagálnak el molekulaionoknak, azokat, melyek elreagálnak fragmensionoknak (töredékionoknak) nevezzük.

Az EI ionizációs technika hátránya egyrészt az, hogy a mintát el kell párologtatni, így sók, nagyobb molekulák, és termikusan labilis anyagok nem vizsgálhatók, másrészt a nagy gerjesztési energia miatt gyakran a fragmentáció oly nagy mértékű, hogy molekulaion nem detektálható.

Gyakran direkt elpárologtatással juttatjuk a mintát a készülékbe, de a berendezés kényelmesen társítható gázkromatográfval is, mellyel együtt igen hatékonyan szétválaszthatók és vizsgálhatók illékony, keverék minták komponensei.



1. ábra: Az elektronütközéses ionforrás felépítése

2.1.2. Kémiai ionizáció (Chemical Ionization, CI)

Az ionizációhoz használt ionforrás felépítése nagyon hasonló az EI ionforráshoz, azonban mivel az ionizációs térbe nagy nyomású (~1mbar) reagengázt vezetünk (pl. metán, izobután, ammónia). Így a CI folyamatban a vizsgált molekula a reagengázzal ütközve ion-molekula reakciók (pl. protontranszfer) során ionizálódik, mely révén általában protonált molekulaion képződik. Az átadott gerjesztési energia a vizsgálandó molekula és a reagengáz protonaffinitásának különbségéből adódik, ami az EI-hez viszonyítva sokkal kisebb, így általában a

fragmentáció mértéke igen is kicsi. Ez az ionizációs módszer ezért kevés szerkezeti információt szolgáltat és csak speciális esetben alkalmazzák. A molekulát ennél a módszernél is el kell párologtatni, így az elektronütközéses ionizációnál említett korlátok itt is érvényesek.

2.1.3. Szekunder (másodlagos) ion tömegspektrometriai technika (Secondary Ion Mass Spectrometry, SIMS)

A módszer lényege az, hogy a vizsgálandó szilárd fázisú mintát gyors ionokkal bombázzuk. Ezzel nem csak atomizáljuk az anyagot, hanem ionizáljuk is egyben. Ezt a módszert leginkább sószerű vegyületek és különböző felületek vizsgálatánál alkalmazzák.

2.1.4. Gyorsatom bombázás (Fast Atom Bombardment, FAB)

Ez a módszer a már említett SIMS technikával van rokonságban. A mintát viszkózus mátrixban (pl. glicerin) oldjuk fel, majd az ionizációs térbe helyezve gyorsatom-sugárral (10–20 kV) bombázzuk. Ennek eredményeképpen a mátrixból mintamolekulák lépnek ki a gázfázisba. A bekövetkező ionizáció eredményeképpen legtöbb esetben protonált molekulaion keletkezik. Ezzel a módszerrel közepesen nagy, 2000–3000-es móltömegű, hőérzékeny, poláris vagy ionos anyagok is jól vizsgálhatók, molekulatömegük pontosan meghatározható. Nem vizsgálhatók apoláris anyagok, és gyakran az alkalmazott mátrix csúcsai is zavarnak a spektrum értelmezésében.

2.1.5. Mátrix segített lézer deszorpció/ionizáció (Matrix Assisted Laser Desorption/Ionization, MALDI)

A vizsgálandó mintát kristályos mátrixban (pl. aszpartánsav) oldják fel, majd nagyenergiájú lézerimpulzussal történik a mintatartón elhelyezkedő molekulák felszabadítása és ionizálása. Az ionizáció eredményeképpen protonált vagy pozitív töltésű molekulaion képződik, mely alkalmas a pontos molekulatömeg meghatározására. Ezzel az igen érzékeny módszerrel nagy molekulatömegű (1000–1000000-es móltömegű), poláris és könnyen polárizálható mintákat is vizsgálhatunk.

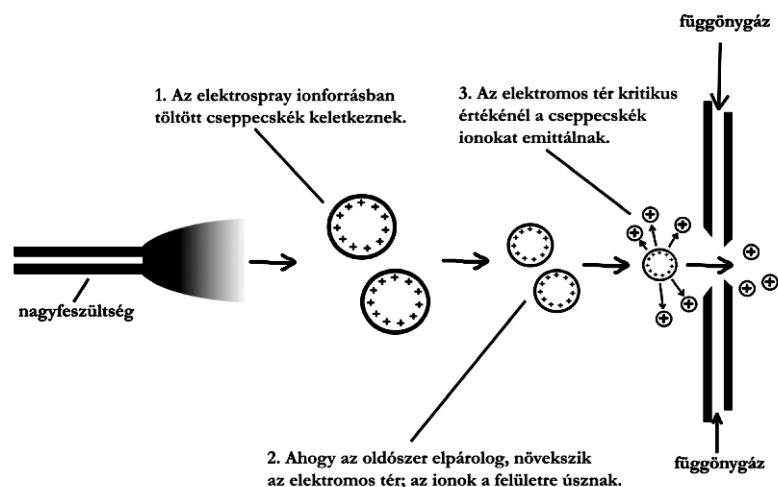
2.1.6. Elektrospray Ionizáció (Electrospray Ionization, ESI)

Az elektrospray, vagy porlasztásos technika a folyadékkromatográfias módszerekkel együtt vált népszerűvé az elmúlt évtizedekben. A vizsgálandó vegyületet olyan poláris oldószerben kell feloldani, melyben legalább kis mértékben oldódik. Az elektrospray kísérletekhez igen kis koncentrációjú oldat is elég, kb. 10^{-4} és 10^{-6} M tartományban. Az

ionizáció során végbemenő folyamatok jobb megértésére tekintünk a 2. ábrát. Az oldat egy nagyfeszültségű kapillárison keresztül jut a légtérbe, ahol töltött cseppeket tartalmazó, monodiszperz permet képződik. A cseppek erős párolgásának eredményeképpen kisméretű, nagy töltésszámú cseppek, majd végül pozitív töltésű ionok képződnek.

Az elektropray ionizáció napjaink legáltalánosabban használt lágy ionizációs technikája, amely segítségével kromatográfia nélkül, keverékekből is megállapítható a vizsgálni kívánt molekula tömege, pontos tömege, valamint a fragmensekből a szerkezetére vonatkozólag is le lehet vonni következtetéseket. Könnyen vizsgálhatók ionos klaszterek, nagy móltömegű biológiai minták, és számos, más módszerrel nehezen mérhető vegyület.

Az atmoszférikus nyomású kémiai ionizáció, (*Atmospheric Pressure Chemical Ionization*, APCI) technikai kivitelezése hasonló az elektropray ionizációhoz, mind a kettő porlasztással hozza létre a cseppeket, azonban az APCI ionizációban az ionok koronakisülés révén jönnek létre. Ez a technika kisebb, poláris, de nem feltétlenül ionos molekulák vizsgálatára alkalmas.



2. ábra: Az elektropray ionizáció sémája

2.2. Analizátorok

Az ionok szétválasztása tömeg/töltés arány szerint történik, amelyhez elektromos vagy mágneses tér szükséges. Az analizátorok működési elve általában az, hogy egy adott beállításnál csak az adott m/z arányhoz tartozó ionokat engedí át. A beállított m/z arányt változtatva a teljes tömegtartomány lefedhető és vizsgálható, továbbá végeredményként meghatározható az egyes ionok relatív mennyisége. Öt alaptípust különböztetünk meg az analizátorok között: 1. mágneses (szektor) analizátor; 2. repülésiidő-analizátor (*time of flight*, TOF); 3. kvadrupól tömeganalizátor; 4. kvadrupól ioncsapda analizátor; 5. ion ciklotron rezonancia analizátor. Ezek közül csak az első három működésének elvét tekintjük át vázlatosan.

Az analizátorokat általánosan a tömegfelbontásuk (R) alapján szokás jellemezni, mely fogalom azt takarja, hogy két különböző iont milyen tömegkülönbséggel lehet szétválasztani ($R=M/\Delta M$). Tehát például egy 500-as felbontó képességű analizátor által generált tömegspektrumon az 1000-es és 1002-es csúcs különválik, azonban az 1000-es és az 1001-es csúcs egybeolvad. Kis felbontásúnak számítanak az egységnyi (1000-es) vagy annál kisebb teljesítőképességű analizátorok, nagy felbontásúnak pedig az 5000-10000 felbontást produkáló analizátorok. Ez utóbbiak a pontos tömegmérésekhez szükségesek.

A következőkben az 1.-3. analizátor-típusok néhány jellemző tulajdonságát tekintjük át vázlatosan.

1. Mágneses analizátor

A régi típusú, hagyományos készülékeknél gyakran találkozunk mágneses szektor analizátorokkal, amelyeknél először nagyfeszültségű elektromos térrel gyorsítják fel az ionokat. A tömeg szerinti elválasztás azon alapul, hogy az azonos kinetikus energiájú, de különböző tömegű és ezért eltérő sebességű ionok adott mágneses térben különböző sugarú körpályákra kényszerülnek. A mágneses analizátorral igen jó, elvileg akár 10000-es maximális felbontást is el lehet érni, és általában maximum 3000–4000 Da tömegű molekulák vizsgálhatók.

2. Repülésiidő-analizátor (Time of Flight, TOF)

A repülésiidő-analizátorokkal igen nagy móltömegű molekulákat is lehet vizsgálni (10^6 Da), az elérhető maximális felbontás általában 10000–20000 között van. Az ionokat impulzusszerűen detektálják, pásztázás nélkül, ami nagyságrendekkel növeli az érzékenységet. Az ionforrást

elhagyó ionok kinetikus energiája megegyezik. Ennek következtében a különböző tömegű ionoknak más és más a sebessége, ezért adott távolságot különböző idő alatt „repülnek” be.

3. Kvadrupól analízátor

A kvadrupól tömeganalízátor, a kvadrupól ioncsapda és az ion ciklotron rezonancia analízátor az ionok periodikus mozgását használja fel működése során. A kvadrupól tömeganalízátorban négy párhuzamos rúd közötti téren haladnak át az ionok. A rudakra nagyfrekvenciájú feszültséget kapcsolva befolyásolhatjuk az ionok mozgását, és ezen keresztül a tömeg szerinti elválasztást. A felbontás egységnyi, a vizsgálható tömegtartomány felső határa 3000–4000 között van általában. Előnye, hogy rendkívül kicsiny méretű és gyors a pásztázási sebessége.

Ez utóbbi két analízátor valamelyikével felszerelt berendezést az un. dinamikus tömegspektrométerek családjába soroljuk.

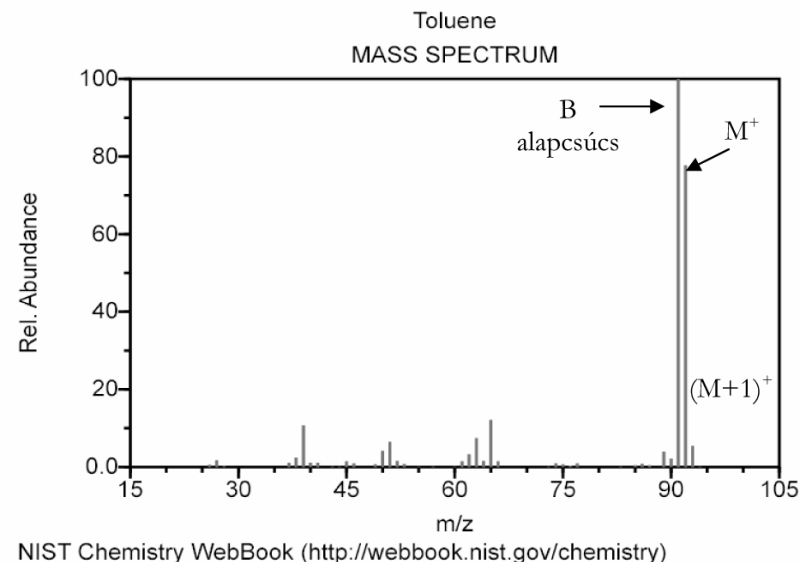
2.3. Detektorok

A tömegspektrométerben használatos detektor feladata az analízátoron áthaladt ionokat minél jobb hatásfokkal kimutatni. Az ionok detektálására diszkrét dinódás- vagy csatorna elektronsokszorozókat szokás alkalmazni.

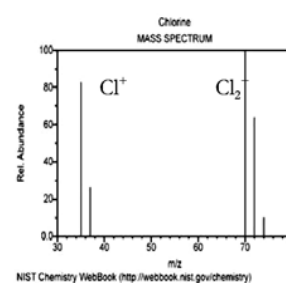
3. A tömegspektrum

A tömegspektrum az ionok intenzitását mutatja az m/z arány függvényében. Az abszcisszán a tömeg/töltés (m/z) értékek láthatóak atomi tömegegységben, míg az ordinátóra az adott m/z arányhoz tartozó ionok relatív intenzitása kerül. A spektrumban előforduló legintenzívebb csúcsot báziscsúcsnak (base peak, B) nevezzük, amely a spektrumban 100%-os intenzitással szerepel és ezt használjuk vonatkoztatási alapként a többi ion intenzitásának megadásánál. Előfordulhat, hogy a báziscsúcs megegyezik a molekulaion csúcsával (M). A természetes izotóp-eloszlásnak megfelelően az egyes ionok különböző izotópokat tartalmaznak, és mivel az izotópok tömege különböző, ezért ezek önálló, jól elkülönülő csúcsként jelennek meg, jellegzetes eloszlással. A leggyakoribb a ^{13}C izotópok jelenléte, amely magyarázatot nyújt a 3. ábrán lévő spektrum 93-as és 94-es csúcsára. Egy adott ion tömege a leggyakrabban előforduló izotópok tömegével határozható meg. A molekulaion így számított tömege ezért mindig a hagyományosan számolt molekulatömegnél valamivel kisebb egész szám (pl. a Cl atom moláris tömege 35,45 g/mol; izotópeloszlása 75,4% ^{35}Cl és 24,6% ^{37}Cl). A 4. ábrán látható, hogy a Cl atomok jellegzetes, 2:1 arányú

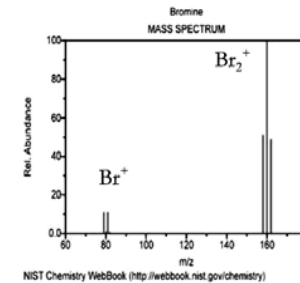
izotópcsúcs-eloszlása a tömegspektrumokban jól felismerhető. Az is jól látható, hogy a Cl_2 molekulában található 2db Cl atom izotópeloszlása összeadódik. Példaképp az 5. ábrán látható a Br_2 molekula tömegspektruma, melyen a Br atomok 1:1-es izotópeloszlását és a Br_2 molekula 1:2:1-es izotópcsúcs eloszlását figyelhetjük meg.



3. ábra: A toluol tömegspektruma



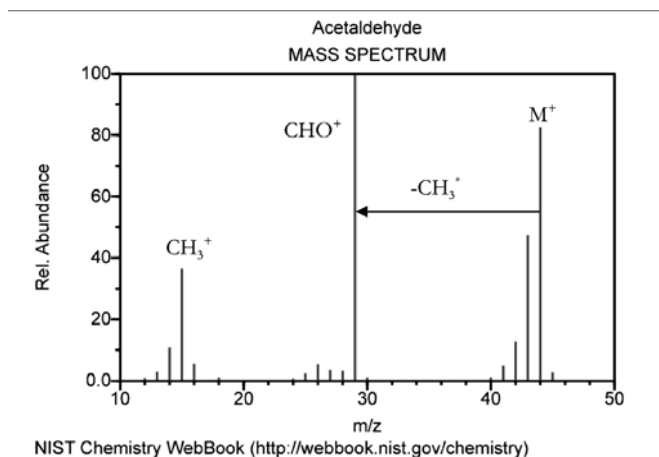
4. ábra: A Cl_2 molekula tömegspektruma



5. ábra: A Br_2 molekula tömegspektruma

A tömegspektrometriát számos területen használják napjainkban, mint például móltömegek meghatározására, keverékek kvantitatív analízisére, izotóp-arány mérésre. Természetesen még manapság is leggyakrabban az ismeretlen móltömegű – általában szerves – molekulák kémiai azonosítására és szerkezetének meghatározására használják a tömegspektrometriát.

Mint azt már fentebb említettük, a legáltalánosabb ionizációs módszer az elektron ütközéses (EI) ionizáció, melynél a keletkezett molekulaion jelentős mennyiségű többletenergiával rendelkezik, mely számos kötés felbomlását és fragmensionok megjelenését eredményezi. A molekulaion, valamint a fragmensionok tömegéből és az esetleges spektrumon látható jellegzetes izotópeloszlásokból lehet kikövetkeztetni az ismeretlen molekula szerkezetét. Ezt a folyamatot néhány egyszerű, EI ionizációs technikával felvett tömegspektrumon keresztül követhetjük végig.

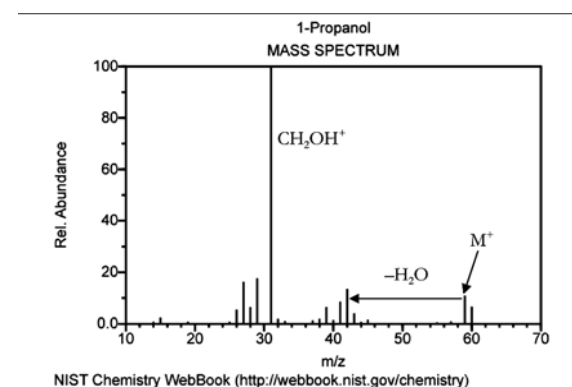


6. ábra: Az acetaldehid tömegspektruma

Az acetaldehid tömegspektrumát láthatjuk a 6. ábrán, mely vegyületnek a molekulaionja a 44 m/z aránynál jelenik meg. A molekulaionból egy metilgyök lehasadással keletkezik a 29-es tömegű fragmension. Ez a disszociáció az ún. α hasadás, mely a töltés mellett a kötés hasadását jelenti és gyökionoknál és zárthéjú ionoknál egyaránt megfigyelhető. További

disszociáció eredményezi a 15-ös tömegű, metil fragmension megjelenését.

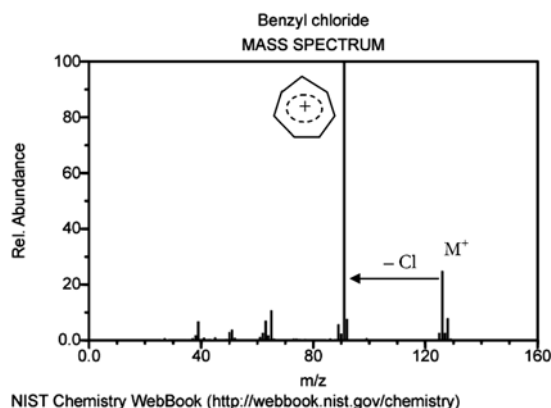
A 7. ábrán látható a propanol tömegspektruma. A 60-as csúcsonál jelenik meg a molekulaion, mellette közvetlenül egy H veszteséssel keletkezett (M-H)⁺ oxónium fragmension. A fragmentációnál fontos befolyásoló tényező a keletkező semleges termék stabilitásának mértéke, melyet szépen példáz a propanol ionból kilépő víz molekula esete is, ezáltal keletkezik a 42-es tömegű ion. A molekulaion egy másik lehetséges disszociációja mikor az CH₃CH₂^{*} gyök szakad le az ionról, és így keletkezik a 31-es tömegű CH₂OH⁺ ion.



7. ábra: A propanol tömegspektruma

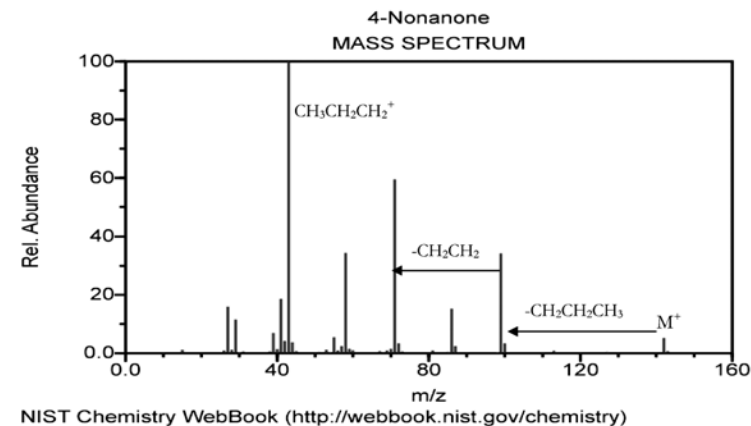
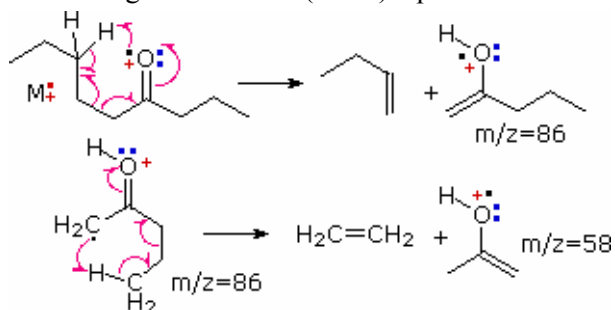
A 8. ábrán látható a benzil-klorid tömegspektruma. A molekulaion csúcseloszlásából látható, hogy a vegyület egy Cl atomot tartalmaz, mivel a 126-os tömegű molekulaion mellett megjelenik a 128-as tömegű ion is, melynek intenzitása körülbelül 1/3-a a M⁺ intenzitásának. Három másik jellegzetes csúcs pedig arról árulkodik, hogy a keresett szerkezet aromás gyűrűt tartalmaz. A molekulaionból a Cl atom lehasadásával keletkezik a 91-es tömegű, C₇H₇ összegképletű tropillium kation, mely 7 C atomból álló gyűrűs szerkezettel rendelkezik. Ez természetesen azt jelenti, hogy a 6 C atomot tartalmazó benzil gyűrű felhasad, hogy a CH₂ be tudjon olvadni a gyűrűbe. A szakirodalomban ezt β -hasadásnak is nevezik, mely gyökinitált folyamat, hajtóereje a gyök elektronpár-képző hajlama,

melynek során egy új kötés alakul ki, míg a szomszédos β helyzetben lévő kötés felszakad. Ez nem csak az aromás szénhidrogénekénél (benzil hasadás) hanem a telítetlen szénhidrogénekénél (allil-hasadás) is megfigyelhető.



8. ábra: A benzil klorid tömegspektruma

Végül utolsó példaként vegyük a 4-nonanon tömegspektrumát. A molekulaion csúcsa a 142-es tömegnél jelenik meg. A fenti példák alapján a 99-es, 71-es és 43-as tömegű ionok az alkil lánc α -hasadásával keletkeznek. Az $m/z=86$ és 56-nál jelentkező fragmensionok a molelaion átrendeződésével, az un. McLafferty átrendeződéssel vezethetők le. E folyamat során az alkil lánc segítségével egy 6-tagú gyűrűs átmeneti állapot keletkezik, majd a γ hidrogén és a β -kötés hasadásának eredményeként semleges molekulák (etilén) lép ki a szerkezetből.



9. ábra: A 4-nonanon tömegspektruma

4. Összefoglalás

A fenti pár oldalon megismerkedhettünk a tömegspektrometria alapelveivel, a főbb ionizációs módszerekkel, a tömegspektrométer felépítésével. Összefoglaltuk a tömegspektrum értelmezéséhez szükséges alapfogalmakat és néhány egyszerű példa segítségével bemutattuk, hogy miként használható a tömegspektrometria az ismeretlen vegyületek azonosítására, szerkezetük meghatározására.

Mivel az ismertett technikának számos igen szép, érdekes és mindennapjainkban elengedhetetlen alkalmazási területe van a következő számban dr. Szabó Pál fog betekintést nyújtani és ízelítőt adni néhány példán keresztül.

5. Felhasznált irodalom és további olvasnivaló:

- <http://webbook.nist.gov/chemistry/>; NIST Chemistry WebBook; ahol a molekulák tulajdonságai mellett számos vegyület tömegspektruma megtalálható.
- Dinya Z.: Szervesspektrometria, DE Egyetemi Kiadó, 2002
- <http://frigyes.web.elte.hu/ms/mslab4.pdf>
- Burger Kálmán: Az analitikai kémia alapjai: Kémiai és műszeres elemzés, Semmelweis Kiadó, Budapest, 1999
- Dr. Balla József: Tömegspektrometria
- E.F.H Brittain, W.O. George, C.H.J Wells. Introduction to Molecular Spectroscopy,

GONDOLKODÓ



„MIÉRT?” (WHY? WARUM?)”

Alkotó szerkesztő: Dr. Róka András

A dolgozatokat az alábbi címen várjuk 2006. február 27-ig. Kérjük a formai követelmények (négyrét hajtás, felirat) figyelembe vételét!

KÖKÉL „Miért”

ELTE Főiskolai Kémiai Tanszék
Budapest Pf. 32.

1518

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 tudásszinteken 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!

Feladatok

1. A kovalens és az ionos kötés kialakulásának különbözőségét megtanultuk. A töltéseloszlás (polaritás) tekintetében a két kötés a két végletet jeleníti meg. Van-e ennek ellenére valami közös, lényeges hasonlóság a két kötés között? (A cellás ábrázolás és a betöltődési szabályok figyelembe vétele segítséget nyújthat!)

2. A hidrogén pozitív és negatív töltésű ionokat egyaránt képez. Ionrácsot azonban csak a hidridionok alkotnak (mint például a LiH-ben). Mi lehet ennek az oka?

3. Van-e értelme ionos kötésről beszélni ionrács (vagyis rácsszerkezet) nélkül?

(Mi a hasonlóság és mi a különbség, ha egy pozitív ion egyetlen anionnal kerül kölcsönhatásba illetve, ha több anion veszi körül?)

4. Az élő szervezetekre többnyire a lágyszövetek, a rács típus kategóriáját tekintve a molekularácsos szerkezetek jellemzők. Előfordulnak-e szervezetünkben ionrácsos anyagok? Mi a „kémiai” feltétele ezek képződésének?

5. Aki nem foglalkozik mélyebben a kémiával, ezen belül az egyensúlyi reakciókkal, az is tapasztalja, hogy a szódavíz készítése egyensúlyra vezető folyamat. Mi alapján lehet biztos benn?

6. Egy szifonpatronban nagy a nyomás. Ha egy szódás szifonba az első után egy második patron is becsavarunk, a nyomás megnövekszik, a nagyobb nyomás látszólag hozzáadódik a kisebbhez. Igaz-e a látszat?

7. Hogyan változik az akkumulátor „energiatartalma”, vagyis belső energiája

- az autó indításkor, ill.
- menet közben?

8. Milyen energia-átalakulási lépések játszódnak le a mobiltelefonban? Hogyan változik a mobiltelefon belső energiája

- adás üzemmódban, ill.
- vétel üzemmódban?

9. A sütő, a hőszugárzó, az infralámpa infravörös tartományban sugároz. Az étel a „hőszugarak” elnyelése nyomán melegszik. A mikrohullámú sütő (nevének megfelelően) nem „hőt” sugároz, mégis melegít. Vajon hogyan lehetséges ez?

10. Egy csésze forró teába belehelyezünk egy nagy jégkockát, majd gyorsan bezárjuk egy hőszigetelt edénybe (pl. termoszba). Változik-e ettől a pillanattól kezdve ennek a rendszernek a belsőenergiája? Történik-e valami az izolált rendszerben?

Feladatok kezdőknek

Alkotó szerkesztő: Dr. Igaz Sarolta

Megoldások

K36. (Lovas Attila megoldása)

A pH = 3,00 sósavoldatban a $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,00 \cdot 10^{-3}$ mól/dm³

A pH = 11,00 nátrium-hidroxid-oldatban a $[\text{OH}^-] = 1,00 \cdot 10^{-3}$ mól/dm³

A lejátszódó reakció:



a.)

A pH = 4,00 oldatban a $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,00 \cdot 10^{-4}$ mól/dm³

Vegyünk x dm³ HCl-oldatot, s ebben $1,00 \cdot 10^{-3}$ x mól oxónium-ion van és vegyünk y dm³ NaOH-oldatot, s ebben $1,00 \cdot 10^{-3}$ y mól hidroxid-ion van.

A reakcióegyenlet alapján $1,00 \cdot 10^{-3}$ x - $1,00 \cdot 10^{-3}$ y mól oxónium-ion maradt.

Az oldat térfogata: x + y dm³

Tehát:

$$(1,00 \cdot 10^{-3} x - 1,00 \cdot 10^{-3} y) / (x + y) = 1,00 \cdot 10^{-4}$$

$$x / y = 11 / 9$$

Tehát a HCl-oldat térfogata úgy aránylik a NaOH-oldat térfogatához, mint a 11 : 9.

b.)

Mivel az oldat semleges, ezért az $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$. Tehát az eredeti oldatokat 1 : 1 térfogatarányban öntöttük össze.

c.)

A pH = 10,00 oldatban a $[\text{OH}^-] = 1,00 \cdot 10^{-4}$ mól/dm³

Vegyünk a dm³ HCl-oldatot, s ebben $1,00 \cdot 10^{-3}$ a mól oxónium-ion van és vegyünk b dm³ NaOH-oldatot, s ebben $1,00 \cdot 10^{-3}$ b mól hidroxid-ion van.

A reakcióegyenlet alapján $1,00 \cdot 10^{-3}$ b - $1,00 \cdot 10^{-3}$ a mól hidroxid-ion maradt.

Az oldat térfogata: a + b dm³

Tehát:

$$(1,00 \cdot 10^{-3} b - 1,00 \cdot 10^{-3} a) / (a + b) = 1,00 \cdot 10^{-4}$$

$$a / b = 9 / 11$$

Tehát a HCl-oldat térfogata úgy aránylik a NaOH-oldat térfogatához, mint a 9 : 11.

K37. (Vörös Tamás megoldása)

A pH = 12,00 oldatban a $[\text{OH}^-] = 1,00 \cdot 10^{-2}$ mól/dm³, ezért 300 cm³ oldatban $3,00 \cdot 10^{-3}$ mól hidroxid-ion van.



a.)

Ha az oldat pH-ja 2 egységgel változik, akkor a $[\text{OH}^-] = 1,00 \cdot 10^{-4}$ mól/dm³ és 300 cm³ oldatban $3,00 \cdot 10^{-5}$ mól hidroxid-ion van.

A hidroxid-ionok mennyisége $3,00 \cdot 10^{-3} - 3,00 \cdot 10^{-5} = 2,97 \cdot 10^{-3}$ móllal csökkent, azaz ennyi KOH semlegesítődött.

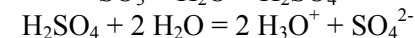
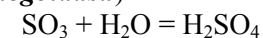
$2,97 \cdot 10^{-3}$ mól KOH semlegesítéséhez $2,97 \cdot 10^{-3}$ mól HCl szükséges. Ez megfelel $2,97 \cdot 10^{-3} \cdot 24500 = 72,77$ cm³ HCl gáznak.

b.)

Ha az oldat pH-ja 10 egységgel változik, akkor a $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,00 \cdot 10^{-2}$ mól/dm³ és 300 cm³ oldatban $3,00 \cdot 10^{-3}$ mól oxónium-ion van.

Az eredeti oldat semlegesítéséhez $3,00 \cdot 10^{-3}$ mól oxónium-ion szükséges. Összesen $6,00 \cdot 10^{-3}$ mól oxónium-ion, azaz $6,00 \cdot 10^{-3}$ mól HCl szükséges. Ez megfelel $6,00 \cdot 10^{-3} \cdot 24500 = 147$ cm³ HCl gáznak.

K38. (Kovács Bertalan megoldása)

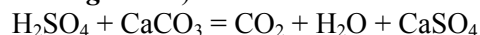


5,0 gramm 20 tömeg%-os óleumban 1,0 gramm kén-trioxid van, amely 1,0 / 80,06 mól és 4,0 gramm kénsav, amely 4 / 98,08 mól. A hígított oldatban összesen 0,0533 mól kénsav van.

Az oldat pH-ja 2, tehát a $[\text{H}^+] = 1,00 \cdot 10^{-2}$ mól/dm³. Az egyenlet alapján a kénsav koncentrációja: $5,00 \cdot 10^{-3}$ mól/dm³.

A térfogat:

$$V = n / c = 0,0533 / 5,00 \cdot 10^{-3} = 10,656 \text{ dm}^3.$$

K39. (Fábián Anna megoldása)

1,001 gramm kalcim-karbonát $1,001 / 100,1 = 0,01$ mól.

A pH = 1,30 oldatban a $[\text{H}_3\text{O}^+] = 5,01 \cdot 10^{-2}$ mól/dm³.

A pH = 2,00 oldatban a $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,00 \cdot 10^{-2}$ mól/dm³.

0,01 mól kalcium-karbonáttal 0,01 mól kénsav, azaz 0,02 mól oxónium-ion reagál.

Az eredeti oldatban $0,02 + 0,01 = 0,03$ mól oxónium-ion van.

Az oldat térfogata:

$$V = n / c = 0,03 / 5,01 \cdot 10^{-2} = 0,60 \text{ dm}^3.$$

K40. (Kovács Bertalan megoldása)

Legyen a NaOH-oldat koncentrációja y mól/dm³, a HCl-oldat koncentrációja x mól/dm³.



Vegyünk 2,0 dm³ HCl-oldatot, ebben az oxónium-ionok mennyisége $2x$ mól, és 1,0 dm³ NaOH-oldatot, amelyben y mól hidroxid-ion van.

Az oldat térfogata 3,0 dm³. Az oldat pH-ja 3,00, azaz $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,00 \cdot 10^{-3}$ mól/dm³.

Tehát:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = (2x - y) / 3 = 1,00 \cdot 10^{-3}$$

Vegyünk 1,0 dm³ HCl-oldatot, ebben az oxónium-ionok mennyisége x mól, és 2,0 dm³ NaOH-oldatot, amelyben $2y$ mól hidroxid-ion van.

Az oldat térfogata 3,0 dm³. Az oldat pH-ja 11,00, azaz $[\text{OH}^-] = 1,00 \cdot 10^{-3}$ mól/dm³.

Tehát:

$$[\text{OH}^-] = (2y - x) / 3 = 1,00 \cdot 10^{-3}$$

Az egyenleteket megoldva:

$$x = y = 3,00 \cdot 10^{-3}$$

A HCl-oldat és a NaOH-oldat koncentrációja egyaránt $3,00 \cdot 10^{-3}$ mól/dm³.

Az 2.forduló eredménye:

Budapest:

ELTE Apáczai Csere János Gimnázium

Lovas Attila 11. o.

50 pont

Vörös Tamás 9. o.

50 pont

Németh László Gimnázium

Kovács Bertalan 10. o.

50 pont

Szeged:

SzTE Ságvári Endre Gyakorló Gimnázium

Fábián Anna 11. o.

49 pont

Feladatok

A dolgozatokat az alábbi címen várjuk 2006. február 27-ig. Kérjük a formai követelmények (négyrét hajtás, felirat) figyelembe vételét!

KÖKÉL Feladatok kezdőknek

Dr. Igaz Sarolta

Commitment Pedagógiai Szakmai Szolgáltató Kht.

Budapest

Honvéd u. 22.

1055

K41. Melyik az a paraffin amelyet tökéletesen elégetve a égéstermék tömege 4,586 szorosa lesz a kiindulási szénhidrogénnek.

(Tóth Judit)

K42. Ismeretlen monoolefint 100-szoros anyagmennyiségű levegőben elégettünk. A forró vízgőzt is tartalmazó égéstermékben a nitrogén oxigén molaránya 10 :1.

Melyik szénhidrogénről van szó, figyelembe véve, hogy a levegő kezdetben 80,0 térfogat százalékban nitrogént és 20,0 térfogatszázalékban oxigént tartalmazott?

(Tóth Judit)

K43. Ha egy ismeretlen szénhidrogén gázt 12 szoros térfogatú (feleslegben lévő) oxigénben tökéletesen elégettünk, a keletkezett vízgőzt is tartalmazó égéstermék 50,0 térfogat százalékban tartalmaz oxigént. Ha ugyanezt a szénhidrogéngázt 8 szoros térfogatú, ugyancsak feleslegben lévő oxigénben tökéletesen elégetjük és a keletkezett vízgőzt lekondenzáltatjuk, akkor a maradék füstgáz szintén 50,0 térfogat százalékban tartalmaz oxigént.

Adja meg a szénhidrogén képletét!

(Tóth Judit)

K44. Dimetil-amint levegő feleslegben tökéletesen elégettünk. Ha a keletkező égéstermékéből a vízgőzt eltávolítjuk a maradék gázelegy 90,0 térfogatszázalék nitrogént tartalmaz. A levegő kezdetben 80,0 térfogat százalékban nitrogént és 20,0 térfogatszázalékban oxigént tartalmazott?

Hány százalékos levegő felesleget alkalmaztunk?

Hányszoros térfogatú levegőben égettük el a dimetil-amint?

(Tóth Judit)

K45. Egy ismeretlen szerves vegyület tökéletes elégetéséhez azonos térfogatú oxigén szükséges. Ilyen körülmények között tökéletesen elégetjük a gázt. A keletkezett kizárólag vízgőzt és széndioxidot tartalmaz azonos térfogatban és égéstermék térfogata megegyezik a kiindulási ismeretlen gáz-oxigén elegy térfogatával.

Adja meg az ismeretlen vegyület képletét!

(Dr. Igaz Sarolta)

Feladatok haladóknak

Alkotó szerkesztő: Dr. Magyarfalvi Gábor

Megoldások

H36. a) A levegő-hidrogén elegyek esetén a reakció hevességét az égéstermék és a kiindulási keverék sűrűségének különbségéhez kapcsolja a feladat. A gázok sűrűsége helyett érdemes az azzal egyenesen arányos átlagos molekulatömeget vizsgálni.

A feladat nem beszél arról, hogy a keletkező víz lecsapódik-e, vagy a gáz halmazállapotú termékek között marad. Ebből a szempontból tehát két esetet kell tekinteni.

Vegyük a levegő összetételét 79% N₂ és 21% O₂-nek. Így átlagos molekulatömege 28,84 g/mol.

Egy x mol levegőt tartalmazó keverék 1 moljában van $0,79x$ mol N₂, $0,21x$ mol O₂ és $(1-x)$ mol H₂. Az ennek elégetése után kapott termék összetétele függ attól, hogy a reagáló oxigén, vagy a hidrogén volt feleslegben. Újabb két esetet vizsgálandó.

A keletkező gáz összetétele és átlagos molekulatömege könnyen kiszámítható. A továbbiakban csak a végeredményt, a termék és a kiindulási elegy átlagos molekulatömegének különbségét (ΔM) tüntetjük fel x függvényében. Ha hidrogénfelesleg van ($x < 0,704$), akkor

$$\Delta M = \frac{0,21x(2 + 26,84x)}{1 - 0,21x}, \text{ ha a víz nem csapódik le, vagy}$$

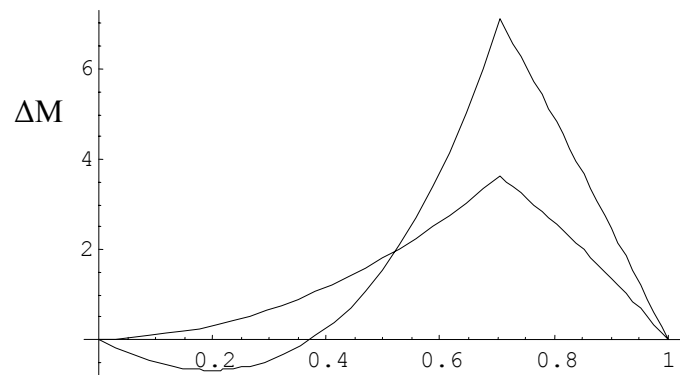
$$\Delta M = \frac{0,21x(30 - 3 \cdot 26,84x)}{1 - 3 \cdot 0,21x}, \text{ ha lecsapódik.}$$

Oxigénfelesleg esetén ($x > 0,704$):

$$\Delta M = \frac{(1-x)(2 + 26,84x)}{1+x}, \text{ ha a víz nem csapódik le, vagy}$$

$$\Delta M = \frac{(1-x)(30 - 3 \cdot 26,84x)}{3x-1}, \text{ ha lecsapódik.}$$

A fentieket érdemes grafikonon ábrázolni:



Mindkét esetben egyértelmű, hogy a legnagyobb sűrűségkülönbség a sztöchiometrikus keverék (70,42% levegő) esetén van, amikor sem oxigén, sem hidrogén nem marad. Ez megfelel a sejtéseinknek is.

Érdekes a görbe lefutása a lecsapódó víz esetén. Ebben az esetben a kevés levegőt tartalmazó elegyek égésében a kiindulásnál kisebb sűrűségű termék keletkezik.

b) Hidrogén-oxigén elegyeknél is érdemes a víz lecsapódása és a hidrogén-oxigén arány alapján négy esetet vizsgálni.

Ha 1 mol elegy oxigéntartalma x mol, akkor átlagos molekulatömege $2+30x$ lesz.

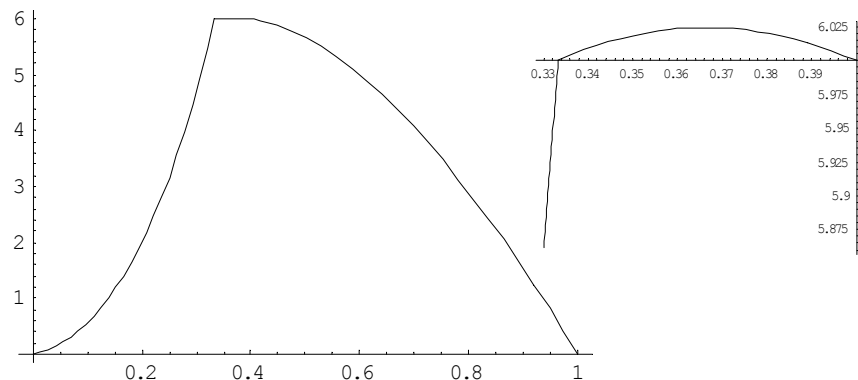
Ha a víz kondenzál, egyszerű a helyzet. Mindig a feleslegben levő komponens marad vissza terméként. Ha $x < 0,333$, akkor $\Delta M = -30x$. Ha $x > 0,333$, akkor $\Delta M = 30(1-x)$. Tehát minél közelebb kerülünk a a leghevesebben reagáló sztöchiometrikus elegyhez, annál nagyobb a sűrűségkülönbség.

Ha a víz nem kondenzál:

$$\Delta M = \frac{x(2+30x)}{1-x} \text{ hidrogénfelesleg esetén } (x < 0,333) \text{ és}$$

$$\Delta M = \frac{(1-x)(2+30x)}{1+x} \text{ oxigénfelesleg esetén } (x > 0,333)$$

A helyzet nem olyan egyszerű. Sztöchiometrikus keverék esetén ΔM éppen 6 g/mol, de nagyon kis oxigénfelesleg ($0,33 < x < 0,40$) esetén ez az érték alig észrevehető mértékben növekszik. Tehát a legnagyobb eltérés a sűrűségekben nem a sztöchiometrikus keverék esetén van.



c) A feladat szövegében sajnos felcseréltük a kétféle elegy gyúlékonysági tartományát.

A meggyulladni képes hidrogén-oxigén elegyekben a $H_2:O_2$ arány az 1:20,7-től a 15,4:1-ig változik.

A gyúlékony hidrogén-levegő keverékekben ez a tartomány szűkebb, 1:4,9-től 14,1:1-ig terjed a $H_2:O_2$ arány. Az eltérést pl. a nitrogénmolekulák okozhatják, amelyek az égésben felszabaduló energiát elvezetik, és így lefékezik a reakciót.

d) A léggömb tömegét hanyagoljuk el. A hidrogén-levegő keverék sűrűsége mindig kisebb, mint a levegőé, ezért biztos lebegne az evvel töltött lufi. A nem lebegő léggömbben csak hidrogén és oxigén lehet tehát. A keverék átlagos moláris tömege ($2+30x$) a levegő átlagos moláris tömegénél (28,84) nagyobb kell legyen. Ez annak felel meg, hogy az oxigén részaránya, x 0,894 felett van a léggömbben. Robbanás ilyen összetételnél nem lehetséges, csak meggyulladhat a keverék, ha hidrogéntartalma 4,6%-nál nagyobb. Ellenkező esetben meg sem gyullad a lufi tartalma.

H37. a) A reakciók alapján az ion a csapadékot gyakorlatilag nem adó kationok közé (V. kationosztály) sorolható, a lángfestés egyértelműen a lítiumionra utal, ezt alátámasztja az oldat pH-ja is.

A reakciók inert anionra utalnak, vagy azt mutatják, hogy a vizes fázisba nem került az anion reakció utáni terméke. Gázfejlődés nem volt, ezzel az esélyes hidridet kizártuk. Az a tény, hogy hexános oldatból indultunk ki

kizárja a lítium különböző oxidjait is. A reakció után tiszta *n*-hexánt kaptunk, tehát a kiindulási anyag az ***n*-hexil-lítium** volt.

b) $C_6H_{13}Li + H_2O = C_6H_{14}$ (szerves fázis) + LiOH (vizes fázis)

c) A vízmentes nátrium-szulfátot a hexános fázis vízmentesítésére, szárítására használtuk.

A feladatra sok helyes megoldás érkezett, átlagos eredmény 88%.

Varga Szilárd

H38. A vizsgált anyagok foszforsavat és vizet tartalmazhattak, hisz a levegőből más nem kötődhetett meg. A továbbiakban próbáljuk meg az anyagok foszforsav és víz tartalmát vizsgálni.

A kiindulási kristályokat nevezzük **A**-nak. Legyen bennük *v* gramm foszforsav és *z* gramm víz.

Nyilvánvaló, hogy $v + z = 93,200$.

Vízben (3,660 g) oldva a kristályok egy része feloldódott. Az oldat 95,56 % foszforsavat tartalmazott. 2,000 g oldattal 1,9112 g foszforsavat és 0,0888 g vizet vettek ki a rendszerből.

További víz (3,000 g) hozzáadására a rendszer feltisztult, majd egy másik csapadék kezdett leválni. Jelöljük ezt **B**-vel. A levált anyagban volt *x* gramm foszforsav és *y* gramm víz.

A **B**-ről leszűrt 93,33 %-os oldathoz vizet adva az először megszilárdulni látszott, majd teljesen feloldódott. Minthogy 5,191 g víz hozzáadása után 100,511 g oldatot kaptak, a leszűrt oldat tömege 95,320 g volt, benne 88,962 g foszforsav és 6,358 g víz.

Felírható a foszforsav és a víz mennyiségére két egyenlet:

$$v - 1,9112 - x = 88,962$$

$$z + 3,660 - 0,0888 + 3,000 - y = 6,358$$

A kiindulási kristályokból maradt az első oldás során *m* gramm.

Ezek összetétele változatlan, bennük a foszforsav/víz arány továbbra is *v/z*. Az oldat összetétele is ismert, tehát fel tudunk a két fázisban levő összes foszforsav és víz mennyiségére további két egyenlet írni:

$$\frac{mv}{v+z} + 0,9556(3,66 - m + v + z) = v$$

$$\frac{mz}{v+z} + 0,0444(3,66 - m + v + z) = 3,66 + z$$

Az utóbbi két egyenletből belátható, hogy *z* nulla (például *m*-et mindkettőből kifejezve és egyenlővé téve), tehát az **A** kristály tiszta foszforsav volt.

Az egyenletrendszer megoldása:

$$x = 2,3268; \quad y = 0,2132; \quad m = 14,4276$$

A tömegarányokat figyelembe véve a **B** kristályban 1:2 a víz és a foszforsav anyagmennyiség-aránya.

$$\text{H39. a) } K_s = \frac{[H_3O^+][HCO_3^-]}{[CO_2]} = 10^{-6,1} \quad [H_3O^+] = 10^{-7,4}$$

$$\frac{[HCO_3^-]}{[CO_2]} = 10^{1,3} = 2 \cdot 10^0 \approx 20$$

b) Mivel a bázis koncentrációja jóval nagyobb, a puffer több savat képes megkötni.

A szervezetben savas anyagok gyakrabban szabadulnak fel, ezért nem véletlen a hidrogén-karbonát nagyobb koncentrációja, még ha ez azt is jelenti, hogy a puffer nem az optimális pH-ján van.

c) Az adatok egyenes arányosságot mutatnak. A vérnek megfelelő pH-n a CO₂ parciális nyomása 5,3 kPa kell legyen.

d) A Henry-törvény a gázok oldódását írja le. Formája, ahogy az az állandó mértékegységéből is sejthető:

$$[CO_2]_{aq} = k \cdot p(CO_2) = 1,2 \cdot 10^{-3} M$$

e) A tejsavat vízben oldva:

$$K_s = 10^{-3,86} = \frac{[H_3O^+][Lact^-]}{[HLact]} = \frac{[H_3O^+]^2}{0,001 - [H_3O^+]} \quad [H_3O^+] = 3 \cdot 10^{-4} M$$

A pH tehát 3,5. (A Lact a laktationokat jelenti.)

Tegyük fel, hogy a reakcióban az összes tejsav gyakorlatilag elfogy. A széndioxid koncentrációja nagyjából állandónak tekinthető, hisz azt a gáz parciális nyomása szabja meg. Más, racionális feltételezésen alapuló becsléseket is elfogadtunk a javítás során.

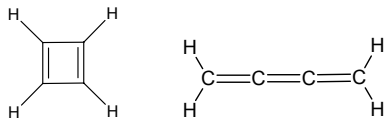
A hidrogén-karbonát eredeti koncentrációját a tejsav mennyisége csökkenti, tehát $2,3 \cdot 10^{-3} M$ lesz. Tehát

$$K_s = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]} = 10^{-6,1} \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-7,38}$$

Gyakorlatilag a megadott adatok pontosságán belül nem változik a pH, marad 7,4 közelében.

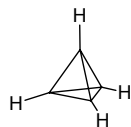
Könnyen ellenőrizhető, hogy ezen a pH-n a tejsav koncentrációja a laktáténak kevesebb, mint 3000-ed része, tehát a feltevés a teljes átalakulásról nem volt alaptalan.

H40. a) Mindkét szerkezetben az összes atom egy síkban van.



b) A butatrién három kettős kötését egyaránt 2-2 π elektron létesíti. A különbség a molekula vázát adó σ kötésekben van. A láncközi atomok 1 s és 1 p elektronnal vesznek részt ebben, a láncvégiek 1 s és 2 p elektronnal. Az sp hibridek között valamivel erősebb, rövidebb a kötés, hisz nagyobb bennük az atommaghoz közelebb található s elektronok részesedése.

c) Ez a molekula szabályos tetraéder alakú lenne, neve lehetne tetrahedrán.



d) Mind a három vegyületben ekvivalens helyzetben vannak a hidrogénatomok, így aztán a monoszubsztituált formákból is csak egy lehetséges.

e) A tetrahedrának egy diszubsztituált formája létezne, a ciklobutadiénnek elvileg három.

Megjegyzés: A ciklobutadiénnek annyira kedvezőtlen az elektronszerkezete (úgymond antiaromás), hogy azonnal elbomlik. Nagyon alacsony hőmérsékleten (30 K) el tudták a ciklobutadiént különíteni, a kapott molekulák téglalap alakúak, azaz az atomok

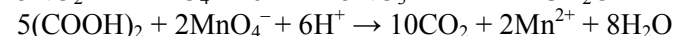
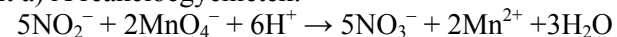
ekvivalensek, de kötések nem. Így nem lenne mindegy, melyik két szomszédos pozícióba kerül a szubsztituens.

A butatrién esetén viszont egyértelműen három izomer létezik: az 1,1-diszubsztituált, a cisz és a transz alak.

f) A három alaknak eltérnek a dipólus-momentumai. A transz apoláris, a cisz már poláris, de a harmadik izomernek lesz a legnagyobb dipólus-momentuma. Az olvadáspontok is ebben a sorrendben nőnek, hisz a polaritás befolyásolja az intermolekuláris erőket.

ausztrál diákolimpiai feladat

HO-12. a) A reakcióegyenletek:



A reakciókban oxidálószerként részt vett 41,00 cm³ 0,02 M permanganát-oldat, ami felvett összesen 4,100 mmol elektront. Redukálószerként részt vett 20 cm³ 0,06 M oxálsav-oldat - ami leadott 2,400 mmol elektront - és a nitrit, amelynek anyagmennyisége a fentiek alapján (4,100-2,400)/2 = 0,8500 mmol.

A törzsoldatban 20-szor ennyi nitrit található. Ha a porkeverék x mmol nátrium-nitritet és y mmol kálium-nitritet tartalmazott, akkor a felírható egyenletek:

$$x + y = 17$$

$$69x + 85y = 1255$$

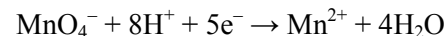
Innen $y = 5,125$ mmol. Ez 34,71 m/m% kálium-nitritet és 65,29 m/m% nátrium-nitritet jelent.

b) A kiindulási kénsavmennyiség $5 \cdot 1,14 \cdot 0,2 = 1,14$ g, ami $1,14 \cdot 2/98 = 23,27$ mmol H⁺-t jelent.

i. A permanganát mennyisége $20 \cdot 0,02 = 0,4$ mmol, ebből fogy $0,850 \cdot 2/5 = 0,34$ mmol. Az oldatban tehát a permanganát hozzáadása után 0,06 mmol permanganát és 0,34 mmol Mn²⁺ található.

A H⁺-ionokból fogyott $0,85 \cdot 6/5 = 1,02$ mmol, $[\text{H}^+] = (23,27 - 1,02)/(35\text{cm}^3) = 0,636\text{M}$.

Az oldat redoxpotenciálját a permanganát/mangán(II) rendszer határozza meg:



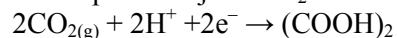
$$E = E_0 + \frac{0,059}{5} \lg \left(\frac{[\text{H}^+]^8 [\text{MnO}_4^-]}{[\text{Mn}^{2+}]} \right) = 1,49 \text{ V}$$

ii. Az oxálsav mennyisége $20 \cdot 0,06 = 1,2$ mmol, ebből a feleslegben maradt permanganát fogyaszt $0,06 \cdot 5/2 = 0,15$ mmol, marad tehát $1,05$ mmol oxálsav, azaz $[(\text{COOH})_2] = 1,05 \text{ mmol} / (55 \text{ cm}^3) = 0,01909 \text{ M}$.

A szén-dioxid parciális nyomása: $p(\text{CO}_2)/p_0 = 3 \cdot 10^{-4}$

A H^+ -ionokból fogyott $0,6 \cdot 6/2 = 0,18$ mmol, $[\text{H}^+] = (22,25 - 0,18) / (55 \text{ cm}^3) = 0,4013 \text{ M}$

Az oldat redoxpotenciálját a CO_2 /oxálsav rendszer határozza meg:



$$E = E_0 + \frac{0,059}{2} \lg \left(\frac{[\text{H}^+]^2 (p(\text{CO}_2)/p_0)^2}{[(\text{COOH})_2]} \right) = -0,671 \text{ V}$$

iii. Mivel a titrálás 70°C -on fejeződik be, a prelogaritmikus faktor értéke $0,059 \text{ V}$ helyett: $RT/(F \cdot \lg e) = 8,314 \cdot 343 / (96500 \cdot \lg e) = 0,068 \text{ V}$

A rendszer redox potenciáljára az ekvivalenciapontban mindkét fenti egyenlet felírható.

Az első egyenletet 5-tel, a másodikat 2-vel szorozva, végül a két egyenletet összeadva kapjuk, hogy

$$7E = 5 \cdot 1,52 + 2 \cdot (-0,49) + 0,068 \lg \left(\frac{[\text{H}^+]^{10} [\text{MnO}_4^-] (p(\text{CO}_2)/p_0)^2}{[\text{Mn}^{2+}] [(\text{COOH})_2]} \right)$$

Az oxálsav és a permanganát sztöchiometrikus mennyiségben vannak jelen az ekvivalenciapontban, tehát $[\text{MnO}_4^-] / [(\text{COOH})_2] = 2/5 = 0,4$

Az oldat eleve tartalmaz $20 \cdot 0,02 = 0,4$ mmol Mn^{2+} -t, ami a feleslegben hozzáadott permanganát redukciójából származik, ezért a titrálás végén $[\text{Mn}^{2+}] = (21 \cdot 0,02 + 0,4) / (76 \text{ cm}^3) = 0,01079 \text{ M}$.

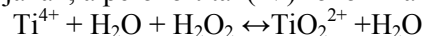
A H^+ -ionokból fogyott további $21 \cdot 0,02 \cdot 6/2 = 1,26$ mmol,

$[\text{H}^+] = (22,07 - 1,26) / (76 \text{ cm}^3) = 0,2738 \text{ M}$.

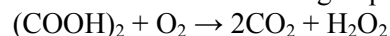
A szén-dioxid parciális nyomása: $p(\text{CO}_2)/p_0 = 3 \cdot 10^{-4}$.

Ezeket az értékeket behelyettesítve végül $E = 0,838 \text{ V}$.

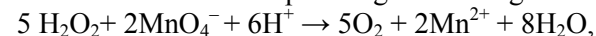
c) A sárgás szín a titán(IV)-ionok egy jellegzetes komplexképződési reakciójának, a peroxo-titán(IV)-ionok kialakulásának köszönhető:



A mellékreakció során tehát hidrogén-peroxid keletkezett:



Mivel egy mol oxálsavból egy mol hidrogén-peroxid keletkezett, ami az oxálsavhoz hasonlóan $2/5$ mol permanganáttal reagál:



ezért a mellékreakció a titrálás során nem okoz hibát.

Megjegyzések:

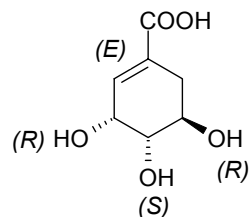
1. A redoxpotenciálok kiszámolásakor logaritmust használunk, ezért a logaritmus mögött álló mennyiségnek nem lehet mértékegyége. Ott a c koncentráció helyett a c/c_0 aktivitás szerepel ($c_0 = 1 \text{ M}$), a p nyomás helyett pedig p/p_0 (ahol p_0 a standard nyomás). A szén-dioxid parciális nyomásának és a standard nyomásnak (100.000 Pa) az aránya gyakorlatilag megegyezik a levegő szén-dioxid tartalmával, aminek az értéke ($3 \cdot 10^{-4}$) meg volt adva. Sokan a szén-dioxid parciális nyomását ($30,39 \text{ Pa}$) helyettesítették be az egyenletbe, vagy a Henry-törvény alapján kiszámították a vízben oldott gáz mennyiségét és ezzel számoltak. Ez helytelen, mivel a standard potenciál gázállapotú szén-dioxidra vonatkozik.

2. A szén-dioxid-oxálsav rendszer potenciáljának kiszámításakor sokan a $2\text{CO}_{2(\text{g})} + 2\text{e}^- \rightarrow (\text{COO})_2^{2-}$ egyenlettel számoltak, és nem vették figyelembe az oxóniumionok koncentrációját. Mivel a reakció savas közegben játszódik, ez helytelen, a két reakciónak más a standard redoxpotenciálja.

3. Az ekvivalenciapont kiszámításakor többen feltették, hogy a MnO_4^- koncentrációja nagyon kicsi, x . Ez alapján pedig $[(\text{COOH})_2] = 5x/2$, $[\text{Mn}^{2+}] = 0,01079 \text{ M}$ és $[\text{H}^+] = 0,2738 \text{ M}$. Ezeket az értékeket behelyettesítve a redoxpotenciálok kiszámító képletbe és kihasználva, hogy a két rendszer redoxpotenciálja egyenlő, egy egyszerűen megoldható egyenletet kapunk, amelynek megoldása $x = 2,54 \cdot 10^{-48} \text{ M}$. Ezt például a permanganát redoxpotenciálját kiszámító egyenletbe visszahelyettesítve megkapjuk, hogy $E = 0,838 \text{ V}$. Fel kell hívni azonban a figyelmet arra, hogy a kapott koncentráció fikatív, hiszen nagyságrendekkel kevesebb, mint egy permanganát-ion lenne található egy liter oldatban ($1 \text{ db ionra } c = 1/N_A = 1,67 \cdot 10^{-24} \text{ M}$).

Komáromy Dávid

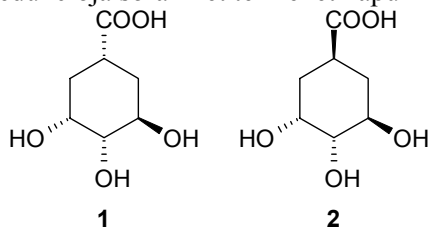
HO-13. 1) A (-)-sikimin sav abszolút konfigurációját a CIP-konvenció szerint a következő ábra mutatja:



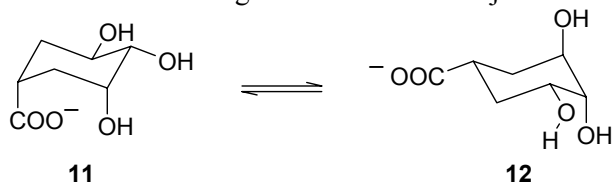
A kettős kötés térállása CIP-konvenció szerint *E*, ami meglepő mivel ez a transz, de a konvenció előírása szerint ez a helyes (lásd KÖKÉL, 2005/1. 21. oldal).

A kettős kötéssel senki sem foglalkozott, bár ez is hozzá tartozik a feladathoz, így ezt nem értékeltem.

2) A kettős kötés redukciója során két terméket kapunk (**1**, **2**)



Mindkét terméknek két lehetséges szék konformációja van.

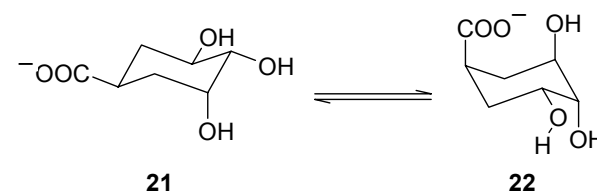


Vizsgáljuk meg az **11** és **12** közötti egyensúlyt. Az egyes konformerek entalpia értéke a következőkből tevődik össze a modell szerint:

$$H_{11} = H_A(\text{COO}^-) + H_A(\text{OH}) + 2 \times H_E(\text{OH}) = 13,40 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$H_{12} = 2 \times H_A(\text{OH}) = 6,70 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Az egyensúlyban az entalpiaváltozás a Hess-tétel értelmében $-6,70 \text{ kJ mol}^{-1}$, ebből számítható az egyensúlyi állandó, ami 25°C -on ($298,15 \text{ K}$): $K = 14,92$. Tehát **1**-es termékénél $93,1\%$ a **12**-es és $6,9\%$ a **11**-es konformer mennyisége.



Vizsgáljuk meg az **21** és **22** közötti egyensúlyt. Az egyes konformerek entalpia értéke a következőkből tevődik össze a modell szerint:

$$H_{21} = H_A(\text{OH}) + 2 \times H_E(\text{OH}) = 5,03 \text{ kJ mol}^{-1}$$

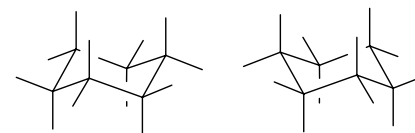
$$H_{22} = H_A(\text{COO}^-) + 2 \times H_A(\text{OH}) = 15,07 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Az egyensúlyban az entalpiaváltozás a Hess-tétel értelmében $10,04 \text{ kJ mol}^{-1}$, ebből számítható az egyensúlyi állandó, ami 25°C -on ($298,15 \text{ K}$) $K = 1,742 \times 10^{-2}$. Tehát **2**-es termékénél $1,7\%$ a **22**-es és $98,3\%$ a **21**-es konformer mennyisége.

Mivel nem ismerjük a redukció körülményeit ezért feltételezzük, hogy **1** és **2** aránya $1:1$. Tehát a termékelegy százalékos összetétele: **11** $3,4\%$; **12** $46,6\%$; **21** $49,1\%$; **22** $0,9\%$.

Gyakran előforduló hibák voltak:

1) A rosszul rajzolt szék konformerek, ezért most nem járt pontlevonás, de az elkövetkezőkben mindenki figyeljen oda rá! A helyes ábrázolás a következő:



2) Gyakori hiba volt, hogy a redukció során a három hidroxid csoport konfigurációja is megváltozott. Ez egy ilyen redukció során nem történik meg.

3) Sokan számoltak a csoportok monoekvatoriális entalpiájával, amikor ez a közelítés az ekvatoriális helyzetben a funkciós csoport – hidrogén kölcsönhatási entalpiát 0 -nak veszi, ahogy ez a feladat szövegében is benne volt.

4) A szabadentalpia értékeket (jelen esetünkben az entalpia értékeket) az egyensúlyi állandó kiszámításhoz szükséges képletbe J mol^{-1} -ban kell behelyettesíteni, vagy az egyetemes gázállandót kell $\text{kJ mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ értékben használni. Különben nem lehet „egyszerűsíteni” a mértékegységgel, a

logaritmus, illetve exponenciális függvények argumentumában pedig dimenzió nélküli számoknak kell szerepelnie.

A feladat átlaga 58%. Helyes megoldást küldött be: Daru János, Fábíán Gábor, Nagy Péter, Rózsa Márton, Széchenyi Gábor, Vass Márton.

Varga Szilárd

Néhány jelentősebb szerves kémiai reakció mechanizmusa

Kotschy András, ELTE Kémiai Intézet

A szerves kémiai reakciókat lefutásuk alapján hat fő csoportba oszthatjuk. Ezek a következők: szubsztitúció, addíció, elimináció, átrendeződés, oxidáció és összetett mechanizmusú reakció. Az egyes típusokat tovább bonthatjuk a reagensek karaktere alapján. Ahhoz, hogy ezt a felosztást megértsük, elsőként néhány alapfogalmat kell bevezetnünk.

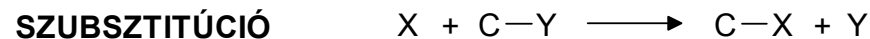
A szerves molekulákban, illetve a kovalens kötésekkel összetartott rendszerekben általában igaz, hogy amennyiben két olyan atom között alakul ki kötés, amelynek elektronvonzó képessége (elektronegativitása) eltérő, akkor a kötést kialakító elektronok nem egyenletesen oszlanak meg a kötésben levő atomok között. Több időt töltenek el a nagyobb elektronegativitású atom környezetében, ami kívülről úgy látszik, mintha a kötő elektronpár ráhúzódott volna ezen atomra. Ennek eredményeképpen természetesen a nagyobb elektronegativitású atomon elektronfelesleg, míg a kapcsolódó kisebb elektronegativitású atomon elektronhiány lép fel. Az előbbi negatív, az utóbbi pozitív jelleget mutat. Vigyázat!! Ezek a töltések nem állandó + és – töltést jelentenek, csak elektronfelesleget illetve elektronhiányt.

Amikor két szerves molekula (reagens) közelít egymáshoz, ők még nem tudják, hogy mi lesz ütközésük eredménye, lesz-e belőle átalakulás, vagy „csak” lepattannak egymásról. Azt azonban mára távolból is érzik, hogy a közeledés során hasonló, vagy különböző jellegű részeik közelítenek-e egymáshoz. Ha a sors úgy hozza, hogy két elektronfelesleggel rendelkező részlet közelít egymáshoz, úgy közöttük taszítás lép fel, ami gátolhatja ütközésüket, míg ha a közeledés olyan szerencsés módon játszódik le, hogy egy elektronfelesleggel rendelkező rész a közelében megérzi egy elektronhiányos molekularészlet jelenlétét, akkor a közöttük fellépő elektrosztatikus vonzás segíthet révbe vinni a reakciót.

Az olyan molekularészletet, amely elektronfelesleget hordoz, **nukleofilnek** nevezzük, míg az elektronhiányos molekularészlet elnevezése **elektrofil**. A nukleofil illetve elektrofil jelleg szélsőséges megnyilvánulása az, amikor egy atom egy teljes töltést hordoz (pl. a hidroxidion oxigénatomja), de az esetek nagy részében az elektronfelesleg nem jár töltéssel. Így egy vízmolekula oxigénatomja, vagy egy amin nitrogénatomja szintén jó nukleofil.

A nukleofilek és elektrofilek, mint azt a fenti bevezető is sugallja kéz a kézben járnak, egy nukleofil reagens általában egy elektrofil reagenssel megy kémiai reakcióba. A szerves kémiai reakciók felosztását ezért a szerves molekulát támadó reagens nukleofil, elektrofil illetve gyökös jellege alapján szoktuk megtenni. Az alábbi rövid áttekintésben az alapvető szerves kémiai reakciók tanulmányozása során gyakran előforduló folyamatokat ismertetjük. Az egyszerűség kedvéért a nukleofil reagenseket mindig anionosnak, az elektrofileket pedig kationosnak ábrázoljuk, de fontos észben tartani, hogy egy adott reakció ugyanúgy lejátszódhat és általában le is játszódik poláris molekulák részvételével is.

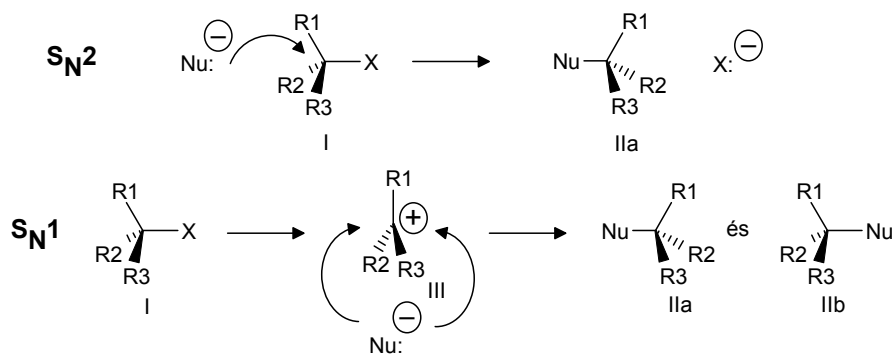
1, **Szubsztitúciós reakcióknak** hívjuk mindazon átalakulásokat, ahol az egyik reagens molekula (X) oly módon létesít kötést a másikkal (CY), hogy annak egy részletét lecseréli (Y - távozó csoport). A szubsztitúciós reakciók az X reagens sajátosságai alapján lehetnek nukleofilek, elektrofilek vagy gyökösek.



a, **Nukleofil szubsztitúcióról** beszélünk akkor, ha a belépő reagens nukleofil karakterű. Mi példaként a telített szénatomon lejátszódó reakciót választottuk, mivel ez a nukleofil szubsztitúció egyik leggyakoribb példája. A reakció feltétele az, hogy a központi szén atom elektronban szegény legyen (részlegesen pozitív töltésű), ami akkor teljesül, ha erősen elektronszívó szubsztituenst hordoz (X - például halogén, oxigénen, kénen vagy nitrogénen keresztül kapcsolódó csoport).

A reakció lefutása alapján két csoportra osztható. Az egyik esetben (bimolekuláris reakció, jele S_N2) a szén - nukleofil kötés kialakulása és a

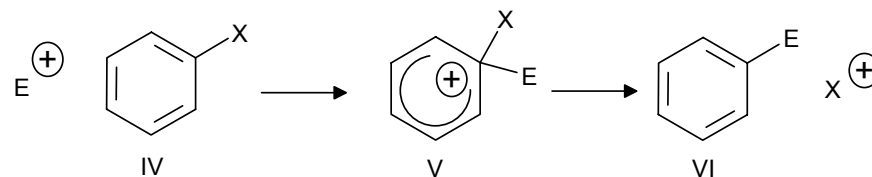
szén - távozó csoport (X) kötés felszakadása párhuzamosan játszódik le. A szénatom szubsztituensei a folyamat során mintegy esernyőszerűen átfordulnak, invertálódnak. Ez általában a szénatom abszolút konfigurációjának a megváltozását jelenti (inverzió). A másik esetben (unimolekuláris reakció, jele S_N1) a folyamat első lépése a szén - távozó csoport (X) kötés heterolitikus disszociációja, amely nyomán az X anion mellett egy síkalkatú karbokation (**III**) keletkezik. Ezt a kationt a nukleofil reagens mindkét oldalról egyforma eséllyel támadhatja, így a reakcióban mind a **IIa**, mind a **IIb** termék keletkezik, amelyek egymástól a szénatom konfigurációjában különböznek.



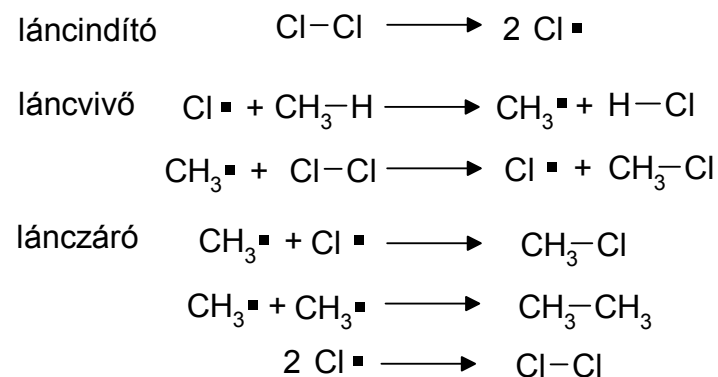
Mivel a **III** karbokationt az alkil és aril szubsztituensek stabilizálják (ezeknek elektronküldő sajátosságuk van), így az unimolekulás szubsztitúció elsősorban terciér szénatomokon játszódik le. Ezen esetben a nagy térigényű R1, R2 és R3 csoportok egyébként sem teszik elérhetővé a bimolekulás utat, mivel leárnyékolják a szénatomot a nukleofil hátoldali támadásától. Ezzel összhangban primer szénatomon, ahol R1 és R2 is hidrogén a bimolekulás út kerül előtérbe, mivel a nukleofil hátoldali támadása nem gátolt, az unimolekuláris út pedig kedvezőtlen, mivel a hidrogének nem tudják stabilizálni a karbokationt. Szekunder szénatom esetén egyik út sem kerül előtérbe, így a reakció egyformán lehet unimolekulás és bimolekulás is.

b, **Elektrofil szubsztitúcióról** beszélünk akkor, ha a belépő reagens elektrofil karakterű. Mi példaként az aromás vegyületeken lejátszódó

elektrofil szubsztitúciót választottuk. A folyamat első lépésében az elektrofil reagens és az aromás vegyület (**IV**) egy kationos átmeneti állapotot - az úgynevezett szigma komplexet (**V**) adja, amely azután az X kation leszakadásával a végtermékké (**VI**) alakul. Az ilyen reakciókban X általában hidrogén. Mivel az átmeneti állapot (**V**) kationos, így azok az aromás vegyületek, amelyek a benzol gyűrű elektronsűrűségét növelő (elektronküldő) szubsztituenseket tartalmaznak - ezáltal **V**-t stabilizálják - jóval készségesebben reagálnak, mint azok az aromás vegyületek, amelyek elektronszívó szubsztituenseket tartalmaznak és ezáltal **V**-t destabilizálják.



c, **Gyökös szubsztitúciónak** az olyan folyamatokat nevezzük, ahol az egyik reagens szabad gyök formájában létesít kötést egy másikkal. Ezeknek a reakcióknak a mechanizmusa általában összetett láncreakció. Az átalakulás különböző fázisait a metán és klór között lejátszódó reakció példáján mutatjuk be.

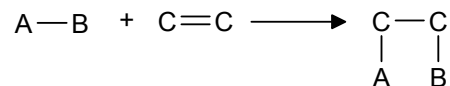


A folyamat első lépése a láncindító reakció, amely során egy klórmolekula energiaközlés (UV fény) hatására homolitikusan disszociál

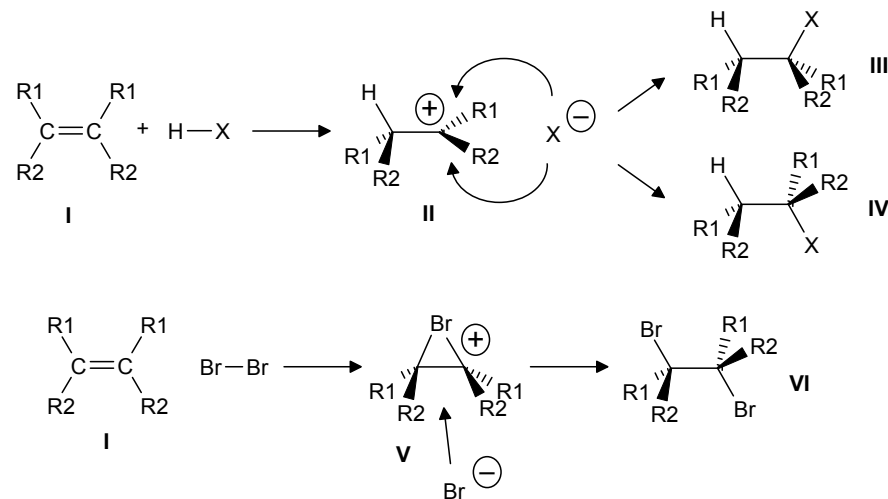
és két klórgyök (klóratom) keletkezik. A láncvivő lépésekben egy gyök és egy molekula reakciójában egy újabb (eltérő) gyök és molekula keletkezik. Ilyenek a klórgyök és metán reakciója, ahol hidrogén klorid és egy metilgyök keletkezik, valamint a metilgyök és egy klórmolekula reakciója, ahol metil klorid és klórgyök a két termék. A lánczáró reakciókban két gyök kombinálódik egy molekulává. Ilyen a metil klorid képződése egy metilgyökből és egy klóratomból, az etán keletkezése két metilgyök kombinációjával, valamint két klóratom egyesülése klórmolekulává.

2, **Addíciós reakcióknak** nevezzük mindazon átalakulásokat, ahol két reagens (AB és CC) melléktermék képződése nélkül egy vegyületté egyesülnek. A leggyakoribb addíciós reakciótípusok az elektrofil, nukleofil és a szinkron addíció.

ADDÍCIÓ

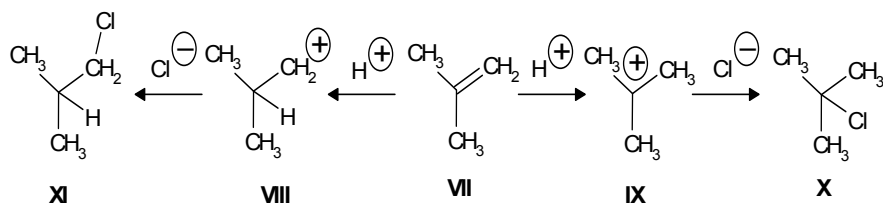


a, Az **elektrofil addíciós** reakciókban a folyamat nyitó lépése egy elektrofil addíciója a telítetlen kötésre. Mintapéldaként az olefinnek hidrogén halogenid (HX) és bróm addícióját vesszük. Az első esetben a nyitó lépésben a hidrogénion addíciónál a szén-szén kettős kötésre és a **II** karbokation képződik. Ez - amint azt már a nukleofil szubsztitúciónál is láttuk egy síkalkatú molekularészlet, amelyet a folyamat második lépésében a halogenid ion akár felülről, akár alulról támadhat és így **III** (cisz-addíciós termék) és **IV** (transz-addíciós termék) egyaránt keletkeznek.

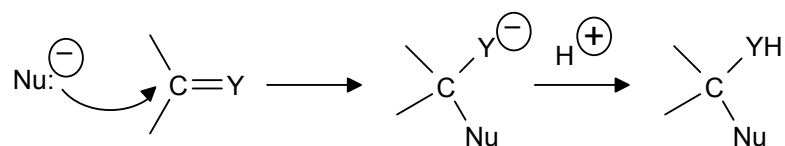


A brómmolekula addíciójának első lépése a bróm kation támadása a szén-szén kettős kötésre, ami az **V** átmeneti állapothoz vezet. Ebben a nemklasszikus karbokationban (bromónium ion) a belépő bróm mindkét szénatommal kapcsolatot létesít egy háromközpontú kötésen keresztül és ezáltal a molekula felső felét leárnyékolja a reakció második lépésében belépő bromid ion elől, így az csak az alsó oldalról támadhat és kizárólag a **VI** (transz) termék keletkezik.

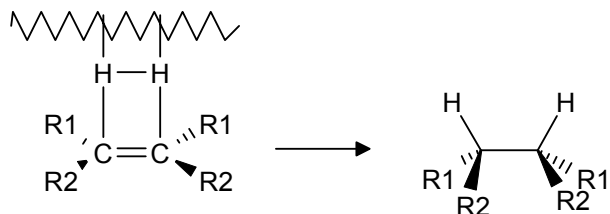
Markovnyikov szabály: a tapasztalati szabály azt mondja ki, hogy sav addíció esetén a hidrogén arra az atomra lép be, amelyen már előzőleg is több hidrogén volt (alacsonyabb rendű). A szabály megértéséhez tekintsük a 2-metil-propén (**VII**) hidrogén klorid addícióját. Amint azt már láttuk, a folyamat első lépése a hidrogénion addíciója, amely a **VIII** primer vagy a **IX** terciér karbokationok egyikének képződéséhez vezet. Amint azt a monomolekulás nukleofil szubsztitúció tárgyalásánál már említettük, az alkil szubsztituensek a karbokation stabilitását növelik, így a terciér kation (**IX**) jóval stabilisabb mint a primer kation (**VIII**). Ennek megfelelően **IX** képződése lesz az uralkodó reakcióirány, ami a kloridion felvétele után a **X**-es szerkezetű 2-klór-2-metil-propán keletkezéséhez vezet, míg a **XI**-es szerkezetű 1-klór-2-metil-propán csak elenyésző mértékben képződik.



b, **Nukleofil addícióról** beszélünk, ha a reakció első lépése egy nukleofil reagens addíciója a telítetlen kötésre. Ennek az egyik leggyakoribb formája nukleofilek addíciója szén-heteroatom kettős kötésre ($Y=O, NR$). Első lépésben a nukleofil hozzákapcsolódik a pozitívan polározott szénatomhoz és egy anion keletkezik, ami azután valamilyen elektrofilrel (általában protonnal) kapcsolódva eredményezi a végterméket

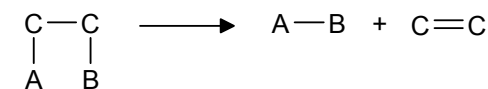


c, A **szinkron addíció**s folyamatok lényege az, hogy az addicionáló reagens (példákon hidrogén) kötésének felszakadása és az új kötések (C-H) kialakulása egyszerre történik. Ennek következtében az ilyen addíció során a két új kötés mindig azonos oldalon képződik (cisz addíció). A példaként bemutatott hidrogénezés esetében a reakció lefutásához szükséges hidrogén-hidrogén kötéslazulás a katalizátor felszínén jön létre.



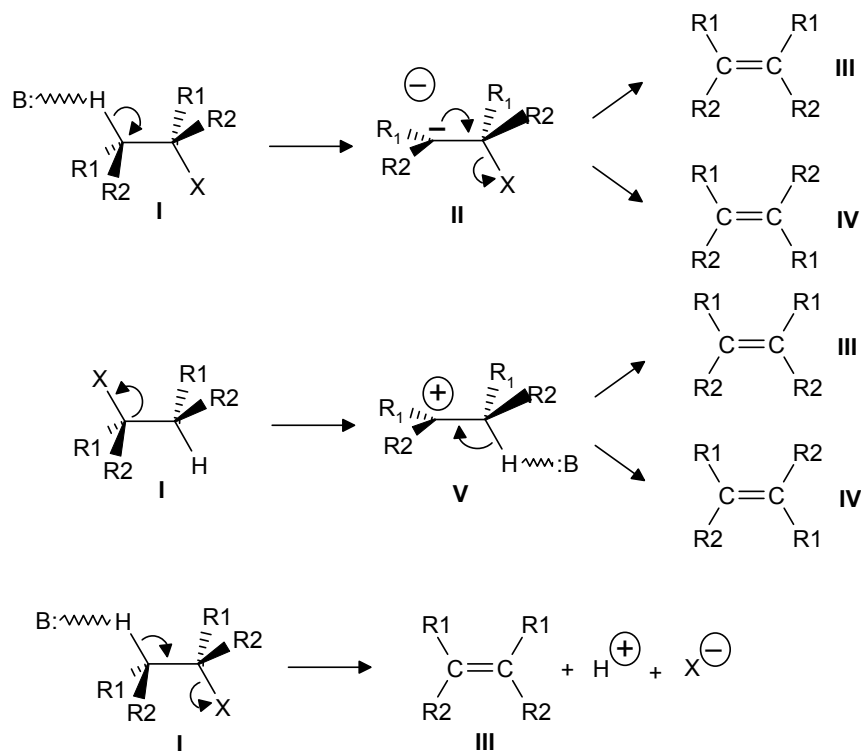
3, **Eliminációs reakcióknak** nevezzük mindazon folyamatokat, amelyben egy kiindulási molekula két vagy több összetevőjére esik szét ($AB+CC$).

ELIMINÁCIÓ



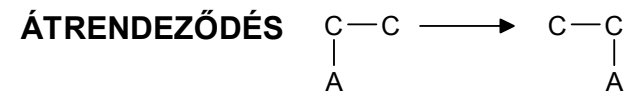
Mi példaként olyan eliminációkat tekintünk, amelynek során egy hidrogén és egy nukleofil (anionos) távozócsoport kilépésével kettős kötés keletkezik. A reakció kezdődhet a hidrogén proton formájában történő leszakadásával, melynek eredményeként a **II** karbanion keletkezik átmeneti termékként. A síkalkatú karbanion nemkötő elektronpárja a második lépésben kettős kötés képződése közben kilöki az anionos X távozócsoportot. Mivel a **II** anionban a szén-szén kötés körül a molekula szabadon foroghat, így a reakció végterméke a **III** és **IV** geometriai izomerek elegye.

A nukleofil szubsztitúció tárgyalásánál már láttuk, hogy **I** képes lehet az anionos X távozócsoport kilépésével az **V** karbokationná alakulni, amely továbbalakulhat oly módon is, hogy ez kettős kötés kialakulása közben protont veszít. A termék itt is a **III** és **IV** geometriai izomerek elegye az előbbieken ismertetett okokból kifolyólag.



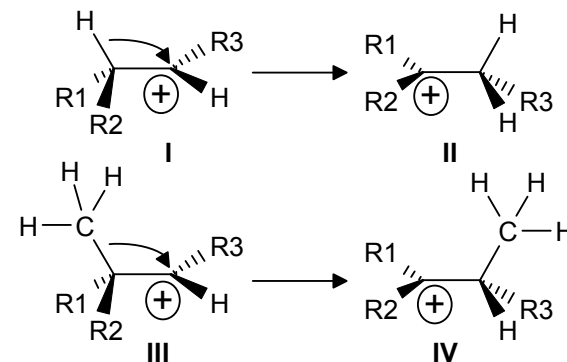
A fentiekben bemutatott eliminációs folyamatok előfeltétele, hogy az R1 és R2 szubsztituensek stabilizálják a töltéssel rendelkező átmeneti állapotot. Amennyiben erre nincs mód, akkor egy másfajta, egylépéses reakcióút kerül előtérbe. Itt a szén-hidrogén és a szén-távozócsoport kötés egyidőben szakad fel és alakul ki a kettőskötés. A reakció feltétele, hogy a távozócsoport és a leszakadó hidrogén egymással átellenes térfélen legyenek, mivel a szén-hidrogén kötő elektronpár fogja a távozócsoportot a hátdoldalról kiszorítani és a kettőskötést kialakítani. A korábbiakban is jelöltük, de külön nem említettük, hogy a leszakadó protont minden esetben valamilyen általános bázis köti meg (B:).

4, **Átrendeződési reakcióknak** hívjuk mindazon folyamatokat, amelyek során a molekula elemi összetétele változatlan marad, de a konstitúciója megváltozik.



a, Az átrendeződési reakciók egyik általános esete az **anionos vándorlás**, amelynek során a vándorló csoport anionos formában kerül át az egyik szénatomról a másikra. A anionos vándorlásra példaként két általános esetet mutatunk. Az I szekunder karbokation képes lehet stabilizálódásra, ha formálisan egy hidrid anion a szomszédos szénatomról átvándorol a pozitív töltésű szénre. Ekkor a II terciér karbokation jön létre, amely stabilabb mint I, mivel benne a pozitív töltésű szénhez három elektronküldő (alkil) csoport kapcsolódik, míg I esetén csak kettő.

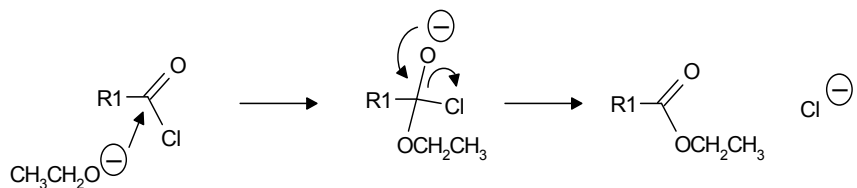
A III szekunder karbokation esetén a pozitív töltéssel szomszédos szénatom nem tartalmaz hidrogént, így az előbb említett hidrid vándorlásra nincs mód. III csak úgy tud stabilizálódni, ha a szomszédos szénatom egyik alkil csoportja (lehetőleg metil) kötő elektronpárjával együtt átvándorol a pozitív töltésű szénatomra és ezáltal a IV terciér karbokation jön létre, amelyről az előbbieken már láttuk, hogy általában stabilisabb, mint egy szekunder karbokation.



5, **Oxidációs/redukciós reakcióknak** hívjuk mindazon folyamatokat, amelyek során a molekulában levő szénatomok oxidációs szám változásának összege nem nulla (lásd: az elimináció nem oxidáció). Az

oxidációs - redukciós reakciók általában összetett, többlépcsős folyamatok, melyek mechanizmusa nem mindig tisztázott.

6, **Komplex mechanizmusú reakciók** alatt értjük mindazokat a folyamatokat, melyek a fentiekben ismertetett alaptípusok közül többől állnak össze. Ilyen például a savkloridok és alkoholát ionok alábbiakban bemutatott addíciós - eliminációs reakciója, amely formailag egy nukleofil szubsztitúciónak felelne meg. Az átalakulás első lépésében az alkoholát ion addicionálódik a savklorid pozitívan polározott szénatomjára (lásd nukleofil addíció) és egy anionos köztitermék alakul ki, amelyben azután a negatív töltésű oxigén egyik elektronpárja szén-oxigén kettőskötés kialakítása közben kilöki a halogénid iont (lásd elimináció) és kialakul az észter csoport.



Feladatok

A dolgozatokat az alábbi címen várjuk 2006. február 27-ig. Kérjük a formai követelmények (négyrét hajtás, felirat) figyelembe vételét!

KÖKÉL Feladatok haladóknak

ELTE Általános és Szervetlen Kémiai Tanszék

Budapest 112

Pf. 32

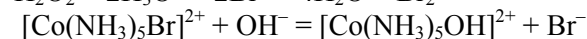
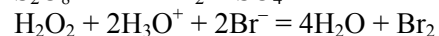
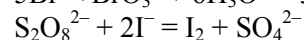
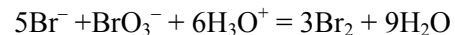
1518

H41. Adjunk rövid, kvalitatív magyarázatokat az alábbi jelenségekre!

- Tömény kénsavat öntünk jégre. Lehűlést tapasztalunk.
- Tél beköszöntével a vízszállító csövek befagyhatnak, ha a szállított vizet nem eresztik le. Azt figyelhetjük meg, hogy azokban a csövekben

fagy meg előbb a víz, amelyikben meleg vizet szállítottak, míg a hidegvizes csövekben a víz csak később fagy meg.

c) Az alábbi, vizes oldatokban lejátszódó reakciók sebessége jelentősen megváltozhat, ha NaCl -ot teszünk az oldatba. Minél nagyobb az oldatban a NaCl mennyisége, annál jelentősebb az effektus:



Melyik reakció sebessége nő és melyiké csökken a NaCl hatására? És ha KNO_3 -ot használnánk?

Stirling András

H42. Két elektrolizáló berendezést párhuzamosan egy szabályozható feszültségű áramforrásra kötnék. Az egyikben NaOH ($\text{pH}=14$), a másikban kénsav ($\text{pH}=0$) oldat van, 298 K hőmérsékleten. Az áramkörre bocsátott feszültséget növelve, egyszerre indul meg a gázfejlődés.

- Milyen folyamatok játszódnak le az elektródokon? Milyen feszültségnél indul a gázfejlődés? Miért egyszerre?
- Lehetséges-e a bázisos oldat pH -ját 11-re csökkenteni ammónium-klorid oldásával? Ha igen, hány g szükséges? Ha nem, akkor milyen só és mekkora mennyiségben szükséges? Változik-e a bomlásfeszültség ilyenkor?
- A két oldatot (pH 0 és 14) sóhíddal összekötik. Az áramforrás egyik pólusát az egyik, a másikat a másik oldatba merülő elektródra kötik. Mi lesz a bomlásfeszültség így?

német feladat

H43. A klatrátok érdekes anyagok, amelyek gázmolekulákat tudnak szerkezetükben megkötni. Ilyen jellegű vegyületeket a nemesgázok is alkothatnak. A meteoritok anyagában is találtak olyan anyagokat, amelyek melegítésre roppant kis mennyiségben nemesgázokat bocsátottak ki.

A meteoritok anyagának viselkedése nagyon emlékeztet a $\text{He}@C_{60}$ vegyület hőbomlására. Ez a különös jelölés azt takarja, hogy a futballlabda formájú C_{60} molekula belsejében egy hélium atom van. A

kutatók sejtése szerint a meteorok anyagában is ilyen jellegű klatrátok lehetnek.

a) Egy fullerénmolekula átmérője 0,70 nm. Mekkora a becsülhető a belső térfogat és a He „nyomása” a He@C₆₀ esetén (T=298K)?

A kanadai Sudbury meteorokráterének (1,85 milliárd éves) környékén talált anyagokban fullerént is találtak. Arra gondoltak, hogy a becsapódáskor elpárolgott anyagban alakulhattak ki a molekulák.

A fellelt fullerénben később héliumot is találtak, mégpedig egy gramm C₆₀-ra számítva 1,15·10⁻⁷ ml ³He és 2,09·10⁻⁴ml ⁴He szabadult fel a mintából.

b) A C₆₀ molekulák hányadrésze tartalmaz ³He atomot? Mekkora a két izotóp átlagos parciális nyomása az üregekben?

c) Jelenleg az atmoszférában 5,240±0,004 ppm a ⁴He tartalom. A két héliumizotóp aránya 1,3·10⁻⁶ : 1, a litoszférában még ennél is kisebb. Elképzelhető, hogy a minta fulleréntartalma a Földön keletkezett?

d) Vegyük a hipotetikus C₅₋₁₀ fullerént, aminek molekuláját tekintsük egy szénatomokból álló gömbnek. A gömb felületét alkotó szénatomok rácsa jó közelítéssel a grafit egy rétegére hasonlít, benne a C-C kötéshosszak 142 pm hosszúak. Legyen a gömbök belsejében hélium, 120 kPa nyomáson.

Vegyük azt, hogy a gömbök szoros illeszkedésben helyezkednek el (lapcentrált rácsban) a kristályban.

Mekkora lesz egy molekula átmérője, felülete, belső térfogata? Mekkora lenne ennek a klatrát kristálynak a sűrűsége? Hogy viszonyul ez a levegő sűrűségéhez?

diákolimpiai feladat

H44. 1,000 g tejsav mintát 100,0 cm³-es mérőlombikba mérünk, majd jelre töltjük. A törzsoldatból 10,00 cm³ mintát veszünk ki, 40 cm³-re hígítjuk desztillált vízzel, majd fenolftalein indikátor mellett, hidegen 0,1000 mol/dm³ (f = 0,986) NaOH oldattal titráljuk. A fogyás 9,66 cm³. Az ekvivalenciapontig titrált oldathoz 10,00 cm³ 0,1000 mol/dm³ (f = 0,986) NaOH oldatot pipettázunk és a reakció elegyet vízfürdőre helyezzük. 1 órai forralás után a lehűtött oldatot 0,1000 mol/dm³ (f = 0,994) sósavoldattal elszíntelenedésig titráljuk. A fogyás 8,55 cm³.

a) Írd fel a lejátszódó folyamatok egyenleteit!

b) Mi a tejsav minta százalékos összetétele?

c) Mennyi a második titrálásnál a végpontban mérhető pH? (eltekintünk az indikátor hibától, pK_s = 3,86)

d) A fenti pH ismeretében helyesen választottuk-e meg az indikátort? (fenolftalein pK₁ = 9,00)

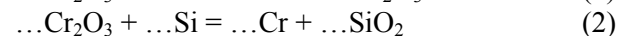
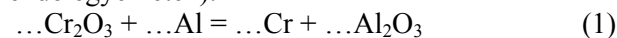
Megjegyzés:

$$K_I = \frac{[Ind]}{[HInd]}[H^+], \text{ ahol } [Ind]; [HInd] \text{ az indikátor két formájának}$$

koncentrációja. Az indikátor átcsapásánál a kettő aránya 1.

Varga Szilárd

H45. A fém krómot általában a következő két módszerrel állítják elő (rendezendő egyenletek):



Egy 0,2374 g-os, a fenti módszerrel előállított króm mintát vizsgálunk, mely krómot, króm(III)-oxidot, alumíniumot, alumínium(III)-oxidot és inert szennyeződést tartalmaz.

NaOH-oldatban próbáljuk oldani, ekkor 50,87 cm³ standard állapotú gáz fejlődik, majd ugyanehhez az oldathoz sósavat adunk, aminek hatására 91,02 cm³ standard állapotú gáz keletkezik. Ezután az oldatból leszűrjük a fel nem oldódott részeket és Na₂O₂-dal elkeverve (lúgos, oxidatív körülmény) megömlesztjük. A felesleges peroxidot elbontjuk, és átsavanyítjuk az oldatot. Az így előkészített mintához 50,00 cm³ 0,01000 mol/dm³-es FeSO₄ mérőoldatot adunk, az el nem reagált vas(II)ionok visszamérésére 11,19 cm³ 0,005000 mol/dm³ KMnO₄ mérőoldatot fogy.

A minta újabb 0,1042 g-os részletét savval kezeljük, majd a fel nem oldódott részt Na₂CO₃-tal megömlesztjük, a fejlődő gázt meszes vízbe vezetjük. A leváló csapadékot szűrjük és szárítjuk, s az így kapott anyag tömegét megmérve azt 0,0231 g-nak találjuk. Feltételezzük, hogy a mérőoldatok faktora 1,000, és a csapadék leválása, a gáz oldódása, illetve csapadékba kerülése teljes.

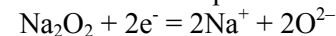
a) Írja fel a lejátszódó reakciók egyenleteit!

b) Határozza meg a minta tömegszázalékos összetételét!

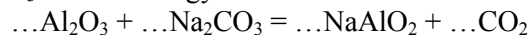
c) Mennyi az előállítás hatásfoka? ($\eta = n_{Cr}(fém)/n_{Cr}(összes) \cdot 100$)

Megjegyzés:

A peroxid a következőképpen bomlik olvadáskor:



A Na_2CO_3 -os feltárás egyenlete:



Varga Szilárd

HO-14. Ha Co^{3+} ionokat adunk vizes ammónia-oldathoz, hatszorosan koordinált amminkomplex-ionok keletkeznek, amelyeknek összesített (kumulatív) képződési állandója $4,5 \cdot 10^{33} (\text{mol}/\text{dm}^3)^{-6}$. A kobalt(II)-ionok hasonló komplexének jóval kisebb a kumulatív képződési állandója, $2,5 \cdot 10^4 (\text{mol}/\text{dm}^3)^{-6}$.

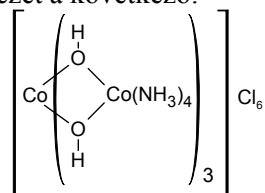
Egy oldatban az ammónia egyensúlyi koncentrációja $0,1 \text{ mol}/\text{dm}^3$, a kobalt teljes koncentrációja $1 \text{ mol}/\text{dm}^3$.

a) Mi lesz a szabad és az amminkomplexben levő kobaltionok koncentrációjának aránya ha a kobalt tisztán +2-es vagy +3-as oxidációs állapotban van?

b) A kobalt(III) ionok gázfejlődéssel reagálnak a vízzel. Milyen gáz fejlődik? Az ammóniás oldatban miért nem keletkezik gáz?

c) Mi lenne az oldat redoxpotenciálja egy olyan oldatban, ahol a két oxidációs állapotban levő kobalt aránya 1:1? (adatok az irodalomban). Mi lesz a potenciál, ha az oldatban van annyi ammónia, hogy egyensúlyi koncentrációja $0,1 \text{ mol}/\text{dm}^3$ legyen?

Werner állította elő az egyik első, nem szerves vegyületet, aminek optikai izomerjei voltak. A szerkezet a következő:



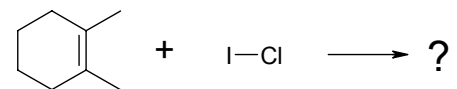
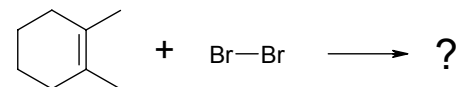
Már a kétfogú ligandumnak tekinthető $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4(\text{OH})_2]^+$ -nak is léteznek sztereoizomerjei.

d) Rajzolja fel ezeket! Melyik vesz részt a komplexben? Rajzolja fel a komplex két enantiomerének szerkezetét! (A ligandum leegyszerűsíthető)

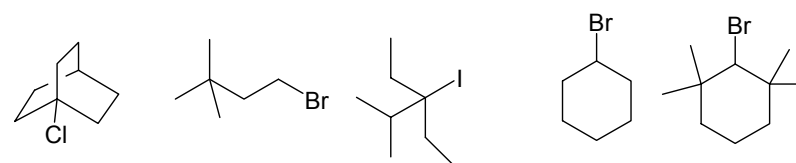
német feladat

HO-15. a) Milyen termékek képződését várod a következő reakciókban?

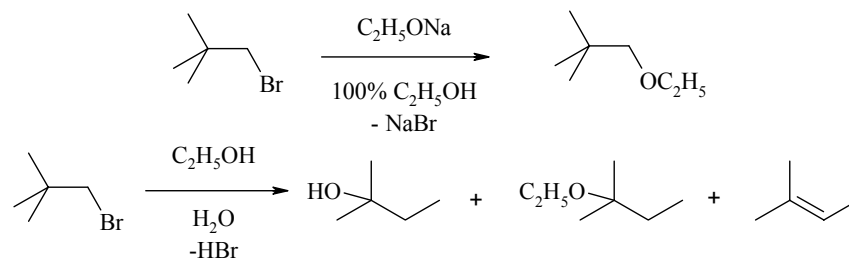
Ha a keletkezett termék tartalmaz királis szénatomot, add meg annak abszolút konfigurációját a CIP konvenció szerint?



b) Milyen mechanizmus szerint reagálnak a következő szerves vegyületek NaOH -dal?

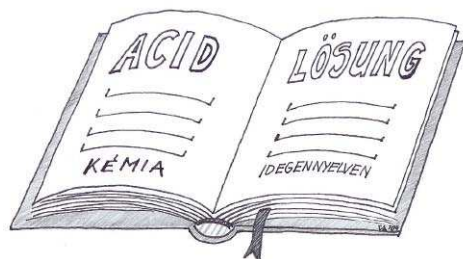


c) Mivel magyarázható a következő kísérleti tapasztalat?



Varga Szilárd

KÉMIA IDEGEN NYELVEN



Kémia németül
Szerkesztő: Horváth Judit

A 2005./4 számban közzétett német szakszöveg helyes fordítása:

Óvintézkedések vegyszerekkel végzett munka során

Általános tudnivalók

- Csakis a megadott utasítások betartásával kísérletezz, és mindenk előtt **sohasem egyedül!** A kémia nem szórakozás, ahol az ember valamit valahogyan összekutyulhat! Odafigyeléssel és nyugodtan, ne kapkodva dolgozz! A kísérletezés nem éppen a megfelelő pillanat arra, hogy a szomszédodnak vicceket mesélj!
- Az iskolai felszerelésedet tartsd távol a kísérlet helyétől! Csak azt hozd be az órára, amire a munkádhoz feltétlenül szükséged van!
- A tízóraidat ne hozd magaddal a kémiaterembe, hagyd az osztályteremben! **Kísérletezés közben enni és inni a legszigorúbban tilos!**
- A hosszú hajat hátul kösd össze, nehogy véletlenül előrehulljon és belelógjon a vegyszerekbe!
- Ne viselj hosszú nyakláncot! Belelóghat a vegyszerekbe, vagy edényeket boríthat fel, amikor a munkalap fölé hajolsz!
- **Kerüld a műszáلبól készült ruhadarabokat!** A műszálas anyagok tűz esetén ráolvadhatnak a bőrre, savakkal maró, a bőrre ragadó masszát képezhetnek, vagy elektrosztatikusan feltöltődhetnek, és ezáltal gyújtóforrássá válhatnak.

- Ne viselj drága, „díszos cuccokat”, mert a leggyakoribb balszerencse az az észrevétlenül a ruhára freccsent icipici savcseppecske, mely a testre teljes mértékben ártalmatlan, azonban legkésőbb a mosás után bosszantó lyukat hagy maga után!
- **Kísérletezés után moss kezet!** Ha vegyszer került az ujjaidra, akkor közben is azonnal!

Védőöltözet

- Viselj olyan köpenyt, mely a következő tulajdonságokkal rendelkezik:
 - anyaga: pamut
 - fazon: hosszú és magasan záródó, az ujjá a végénél lehetőleg szűk (A bő ujj akaratlanul is belelóg a vegyszerekbe.)
 - szín: lehetőleg fehér, mert azon lehet a legkönnyebben felfedezni a vegyszereket
 - záródás: vészhelyzetben a köpenyt gyorsan le kell tudni venni. Legjobb a patent. A „műtőköpenyek”, vagyis az olyanok, amelyek hátul záródnak, nem alkalmasak.

- Kémiai munkánál a szemüveg a legfontosabb védőeszköz! Gyerekes dolog a védőszemüveget „valahogy bénának” gondolni, mivel a vegyszerek okozta szemsérülések gyakran helyrehozhatatlanok! A dioptriás szemüvegek nem nyújtanak kielégítő védelmet, így a szemüvegeseknek még egy felső védőszemüveget viselniük kell.
- Kesztyű csak akkor legyen rajtad, amikor tényleg olyan vegyszerekkel dolgozol, amelyek át tudnak hatolni a bőrödön, vagy károsíthatják azt! Ha a vízcsapot, az ajtókilincset vagy a töltőtolladat akarod megfogni, előbb vedd le a kesztyűt, különben az, amitől meg akartad magadat védeni hamarosan az egész teremben egyenletesen szét lesz kenne!

Műveletek

- Minden tárolóedényt azonnal zárd vissza, amint kivetted a szükséges mennyiségű vegyszert!
- Alapvető, hogy soha ne tegyél vissza vegyszert a tárolóedénybe! Kérdezd meg a tanárnőt / tanár urat, hogy a felesleggel mit csinálj!
- Tartsd tisztán az eszközeidet és a munkalapot! Egy kis malőr nem vesztes, ha azonnal eltakarítjuk. A használt eszközöket rögtön tisztítsd meg, amint nincs már rájuk szükséged!
- Felhevített folyadékok forrása olyan heves és lökészerű lehet, hogy pl. a kémcsőből annak teljes tartalma kispriccel. Ezen erőteljes keverés vagy rázás, vagy pedig forrást a elősegítő tárgy, pl. horzsakő

hozzáadása segíthet. A forráskönnyítő hozzáadásának még egyértelműen a forráspont alatt kell megtörténnie.

- **A kémcsövek száját soha ne tartsd mások irányába!**
- Stabilan lezárt edényt ne melegíts! Minden, ami felmelegszik kitágul. Ha nincs mód a nyomás kiegyenlítésére, szétrobban az edény!
- Ha egy anyag szagát akarod megállapítani, ne tartsd az orrodat egyszerűen a nyílás elé, hanem óvatosan legyezz a kezeddal az orrod felé a vegyszer feletti levegőből, és csak lassan közelíts a kezed az üveg szájához!
- Folyadékok pipettával történő felszívásához különböző segédeszközök léteznek. Ezeket minden esetben használni kell. **A folyadékok szájjal történő felszívása a legszigorúbban tilos!**
- Ne erőltess az üvegeszközöket az össze- vagy szétszerelésnél! A széttört üveg által okozott vágási sérülés veszélye sokkal nagyobb a vegyszerek jelentette veszélénél. Gumicsövet vagy dugót könnyebb ráhúzni az üvegsőre, ha kenőanyagot némi glicerint viszünk fel rá!

Kémia – tényleg veszélyes?

- Tény, hogy az iskolai balesetek bő fele a tornaórán történik. Ellenben ezer iskolai balesetből nem egészen egy vezethető vissza a kémiaórai vegyszerekkel végzett munkára. Ez minden bizonnyal azon múlik, hogy a kémiát jól kézben lehet tartani, amennyiben megszigorítjuk a megadott szabályokat!

A szövegben előfordult fontos szakkifejezések:

Eszközök, berendezések:

r Kittel, ~s, ~	köpeny
s Körperschutzmittel, ~s, ~	személyi védőfelszerelés
e Schutzbrille, ~, ~n	védőszemüveg
s Reagenzglas, ~es, ~er	kémcső
e Pipette, ~, ~n	pipetta
r Gummischlauch, ~(e)s, ~e	gumicső
r Stopfen, ~s, ~	dugó

Anyagok:

Chemikalien (plur.)	vegyszerek
e Kunstfaser, ~, ~n	műszál
e Säure, ~, ~n	sav
e Flüssigkeiten, ~, ~e	folyadék

s Siedesteinchen
s Gleitmittel, ~s, ~
s Glycerin

horzsakő
kenőanyag
glicerin

Fogalmak:

e Zündquelle, ~, ~n
ätzend
r Siedepunkt, ~(e)s, ~e
r Geruch, ~(e)s, ~e

gyújtóforrás
maró
forráspont
szag

Egyéb:

experimentieren
schweißen
sieden
erhitzen
rühren
ausdehnen
zerknallen
zersplittern

kísérletezik
hegeszt, olvaszt
forr, forral
hevít
kever
kitágul
szétrobban
szilánkokra török

A beküldött fordítások értékelése:

NÉV	Oszt.	ISKOLA	Ford. (max. 80)	Magyar nyelvtan (max. 20)	ÖSSZ. (max.100)
Varga János	12.D	Varga Katalin Gimnázium, Szolnok	65,5	18	83,5
Pikó Eszter	12.B	Patrona Hungariae Gimnázium, Budapest	59,5*	18	76,5*
Kerényi Anna	10.B	Szilágyi Erzsébet Gimnázium, Budapest	60	15	75
Varga Péter	11.A	Kossuth Lajos Gimnázium, Mosonmagyaróvár	49	10	59
Szabó Gergely Levente	11.	Árpád Gimnázium, Budapest	45	14	59

Varga János és Pikó Eszter fordítása lényegét tekintve teljesen jó. A legjobb fordítást egyértelműen Pikó Eszter küldte, sajnos azonban 3

mondat kimaradt a fordításából. Stilisztikailag Kerényi Anna fordítása is szép, nála a félrefordítások okoztak pontlevonást.

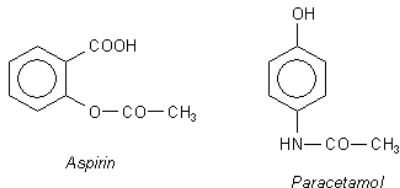
Nem számítottam rá, hogy gondot fog jelenteni az "OP-Kittel" kifejezés: das **OP** = **műtő** szó gyakran fordul elő filmekben a tévében is. Egyedül Varga Péternél szerepelt a műtét kifejezés, ahonnan már csak egy lépés lett volna kitalálni, hogy a hátul megkötős műtösköpenyre gondolhatott a szerző. A többi idézőjeles köznyelvi kifejezéssel senkinek sem volt problémája.

Fontos még megjegyezni, hogy az **ätzend** = **maró hatású** kifejezés nem azonos a **reizend** = **irritatív** kifejezéssel! A vegyszeresüvegeken található **C** ill. **Xi** rövidítések pontosan ezeket a veszélyeket jelölik.

Chemie auf Deutsch (fordításra kijelölt német nyelvű szakszöveg)

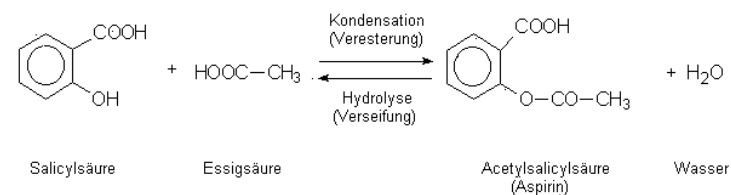
Aspirin und Paracetamol im chemischen Vergleich

Zeichnen wir einmal die beiden Strukturformeln nebeneinander!



Bestimmen wir die funktionellen Gruppen in den beiden Molekülen! Beim Aspirin handelt es sich um eine **Carbonsäure**, beim Paracetamol um ein **Phenol**. In beiden Stoffen ist **Essigsäure** gebunden: einmal als **Ester** (eines Phenols) und das andere Mal als **Amid**.

Aspirin (Acetylsalicylsäure, abgekürzt: ASS) ist ein **Ester** aus Essigsäure und Salicylsäure. Wird er durch Kochen mit Natronlauge hydrolysiert, entstehen die Ausgangsprodukte Essigsäure und Salicylsäure.



ASS wird seit über 100 Jahren u. a. als Schmerz- und Fiebermittel eingesetzt. Salicylsäure selbst war weniger wirksam und hatte auch Nachteile, insbesondere ihre magenreizenden Nebenwirkungen, die häufig bis zum Erbrechen führten

Paracetamol (4-Hydroxy-Acetanilid) ist ein **Amid** aus Essigsäure und p-Aminophenol.

Untersuchung von Aspirin- und Paracetamol-Tabletten

Die Medikamente werden in unterschiedlichen Zubereitungen angeboten. Am besten ist es, wenn man Tabletten nimmt, die keinen Lacküberzug haben. Z.B. eine 600 mg schwere Aspirin-tablette enthält 0,500 g des reinen Wirkstoffes neben 0,100 g Stärke als Bindemittel. Natürlich verwendet man für die folgenden Versuche keine stofflichen Mischungen wie Aspirin Plus C (Ascorbinsäure).

Wir schlämmen je eine Tablette Aspirin und Paracetamol in 30 ml destilliertem Wasser auf und filtrieren die Lösungen ab. Prüfen wir den pH-Wert der Lösungen mit einem Streifen Indikatorpapier! Aufgrund der Carboxylgruppe reagiert Aspirin in wässriger Lösung schwach sauer (pH = 2,75), Paracetamol mit pH = 6,80 fast neutral.

Nachweis des phenolischen Charakters:

Zu je einer Probe der nach Filtration erhaltenen Lösungen geben wir (in Reagenzgläsern) einige Tropfen einer 5%igen Eisen(III)-chlorid-Lösung. Eisen(III) reagiert mit **Phenolen** zu blau bis violetten Komplexen. Beim Aspirin handelt es sich um ein verdecktes Phenol (die Hydroxylgruppe ist acetyliert), bei Paracetamol um ein offenes. Wie erwartet bildet Aspirin mit Eisen(III)-Ionen keinen Komplex. Mit Paracetamol erhalten wir einen tiefblauen Komplex, mit einer Lösung von reinem Phenol einen lilafarbenen.

Alkalische Hydrolyse:

Eine Aspirin-Tablette wird im Mörser mit einem Pistill zu einem feinen Pulver verrieben. Das Aspirin-Pulver wird in ein 50 ml Becherglas

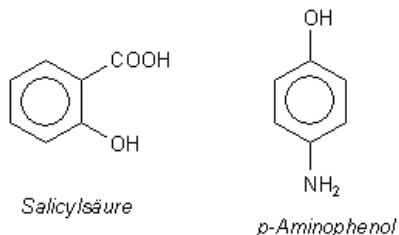
geschabt und aus einer Messpipette mit 10 ml Natronlauge (15 Massen-%) versetzt. Unter ständigem Umrühren mit einem Glasstab kocht man das Gemisch während drei Minuten auf der Keramikplatte des Dreibeinstativs über dem Bunsenbrenner (**Schutzbrille tragen!**). Dabei darf aber nicht bis zur Trockene eingedampft werden. Man ergänzt verdampftes Wasser ständig mit frischem Wasser. *Vorsicht! Natronlauge neigt beim Erhitzen sehr stark zu Spritzern!*

Man läßt das Gemisch auf dem Labortisch etwas abkühlen und setzt dann so lange 1 mol/l Schwefelsäure zu, bis das Gemisch deutlich sauer ist. Dies kann mit einem Streifen pH-Papier überprüft werden. Was kann beobachtet werden? Ein Niederschlag flockt aus der Lösung aus, weil Salicylsäure entstanden ist. Die Suspension wird filtriert.

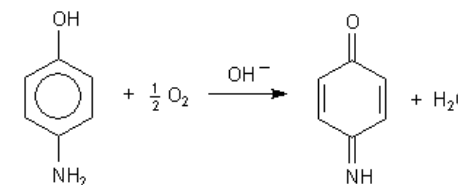
Nachweis der Salicylsäure: Der Niederschlag wird in ein Reagenzglas gekratzt und in möglichst wenig wässriger Ethanol-Lösung (50 Volumen-%) aufgelöst. Dann setzt man 5 Tropfen Eisen(III)-chlorid-Lösung (0,1 Massen-%) zu und homogenisiert durch Umschütteln. Die Probe färbt sich diesmal rotviolett. Der rotviolette Farbkomplex bildet sich aus drei Salicylsäuren, welche sich um ein Eisen(III)-Ion anlagern. Das Eisen befindet sich zwischen dem Sauerstoff der phenolischen OH-Gruppe und einem Sauerstoff der Carboxylgruppe von je einer Salicylsäure (ringförmiger Komplex).

Nachweis der Essigsäure: Das Filtrat wird ebenfalls in ein Reagenzglas transferiert und dann über dem Bunsenbrenner erwärmt. Man führt vorsichtig eine Geruchs-Probe an der Reagenzglas-Öffnung durch. Es riecht nach Essigsäure.

Wie aus Aspirin Salicylsäure entsteht, aus Paracetamol sollte p-Aminophenol entstehen.



Leider wird bei der alkalischen Hydrolyse von Paracetamol die Lösung dunkelbraun, ja fast schwarz. Grund: Es entsteht nicht das gewünschte p-Aminophenol, sondern durch Oxidation mit Luftsauerstoff sofort eine gelbbraune Verbindung mit chinoider Struktur.



Diese Verbindung bildet dunkelfarbige Polymere. Es resultiert insgesamt eine schwarzbraune Brühe, mit der man nicht weiter experimentieren kann. Um auch die Untersuchung von Paracetamol zu ermöglichen, wenden wir die saure Hydrolyse an. Diesmal findet keine Oxidation statt, weil das p-Aminophenol im sauren Bereich gegenüber Sauerstoff stabil ist.

Saure Hydrolyse der beiden Medikamente:

Wir kochen je eine halbe Tablette von Aspirin und getrennt davon in einem anderen Becherglas eine halbe von Paracetamol für 10 min in 10 ml Salzsäure ($c = 2 \text{ mol/l}$) (Xi) (**Im Abzug! Schutzbrille tragen!**). Der deutliche Geruch nach Essigsäure zeigt, dass beide Medikamente gebundene Essigsäure tragen.

Nach Abkühlen filtrieren wir die Lösungen ab. Wir neutralisieren die zwei Filtrate indem wir tropfenweise Natronlauge ($w=10\%;C$) zugeben. Mit Indikatorpapier prüfen wir nach, ob die Lösungen wirklich neutral sind! Die neutralen Lösungen werden in Reagenzgläser transferiert und mit einigen Tropfen 5%igen Eisen(III)-chlorid-Lösung versetzt. Mit dem Hydrolyseprodukt des Aspirins (Salicylsäure) gibt es wie vorher einen rotvioletten Farbkomplex, beim Hydrolyseprodukt von Paracetamol (p-Aminophenol) wird die Lösung diesmal lila.

In diesem Zusammenhang ist auch zu verstehen, warum Tabletten, die nach Essig riechen, nicht mehr verwendet werden sollten. So darf die aufgelöste Brausetablette auch nicht lange stehen gelassen werden, weil sonst der hydrolytische Zerfall stattfindet. Es wird nicht nur die Wirkung beeinträchtigt, sondern es entstehen auch den Magen schädigende phenolischen Abbauprodukte.

Forrás:

<http://www.swisseduc.ch/chemie/labor/aspirin/index.html>

http://dc2.uni-bielefeld.de/dc2/tip/05_03.htm

<http://www.learnline.de/angebote/neuemedien/medio/nw/chemie/aspirin/aspirin02.htm>

Beküldési határidő: 2006. június 1.

Cím:

Horváth Judit
 ELTE Kémiai Intézet, Kolloidkémiai Tanszék
 Budapest 112
 Pf. 32
 1518

Minden beküldött lap tetején szerepeljen a **beküldő neve, osztálya** valamint **iskolájának neve és címe**. Kézzel írt vagy szövegszerkesztővel készített fordítás egyaránt beküldhető. Mindenki ügyeljen az olvasható írásra és a pontos címzésre!

Kémia angolul
Szerkesztő: Sztáray Judit

Kedves Diákok!

Mindenek előtt örömmel értesítelek benneteket, hogy rovatunknak honlapot szerkesztettem, melyet elértek a <http://szj.web.elte.hu/kokel> címen! Itt megtalálhatjátok a pontverseny aktuális állását és minden versenyző részpontoszámát is! Nagyon örülök, hogy rengeteg megoldás érkezett, remélem a jövőben is kitartóan fogjátok küldeni a fordításokat. Remélem ez a honlap segíteni fog, hogy hatékonyabban fejlesszétek az angol tudásotokat, és egyfajta közösséget hozzunk létre.

Idei első számunkban megtaláljátok a 2005./4. számban közölt szöveg első három legeredményesebb fordítójának a nevét, a decemberi számban közölt angol szakszöveg fordítását, valamint a következő fordítandó szöveget.

Néhány jó tanács, hogy mire figyeljete a fordításnál:

- van-e értelme annak, amit leírtatok?
- helyes-e (magyaros-e) a szórend?
- kémiai neveket, kifejezéseket átirátok-e magyarra?
- helyes igeidőt használtok-e?
- és végül, de nem utolsó sorban kémiailag helyes-e az, amit leírtatok?

Ezúton kérek minden fordítót, hogy minden lapra írja rá a nevét, iskoláját és évfolyamát, tegyétek meg ezt akkor is, ha elektronikus úton küldik el a megoldást. Továbbá, hogy önállóan dolgozzatok, ellenkező esetben sajnos nem tudom a megoldást elfogadni. Ahhoz, hogy eredményesen tudjuk továbbfejleszteni a rovatot jó lenne, ha minden versenyző az elektronikus elérhetőségét is megadná.

Munkátokhoz továbbiakban is sok sikert és kitartást kívánok!

Sztáray Judit

A 2005./4. számban közölt szöveg legeredményesebb fordítói:

Rónaszéki Aladár Dávid	Budapest, Ciszterci Szent Imre Gimnázium
Sipeki Sándor	Nyíregyháza, Krúdy Gyula Gimnázium
Straky Zsuzsanna	Budapest, Németh László Gimnázium

A 2005./5 számban közölt szakszöveg fordítása:

Kémia a Konyhában

Mi a különbség a szóda-bikarbóna és a sütőpor között?

Mind a szóda-bikarbóna, mind a sütőpor kelesztőszer, mely azt jelenti, hogy a sütés előtt kell hozzáadni a tésztahoz, hogy széndioxidot termelve felemeljék azt. A sütőpor szóda-bikarbónát tartalmaz, de a két alapanyagot különböző körülmények között használják.

Szóda-bikarbóna

A szóda-bikarbóna nem más, mint nátrium-bikarbonát (NaHCO₃).

Ha ez egy savas folyadékkal keveredik, széndioxid (CO₂) gázt fejleszt:

NaHCO₃ (szóda) + H⁺ (sav) → Na⁺ (nátrium) + H₂O (víz) + CO₂ (gáz)

Biztos, hogy láttátok már ezt – ha a szóda-bikarbónát ecettel vagy citromlével keverték össze, akkor pezseg. A pezsgés a CO₂-buborékok felszabadulása. Ugyanez történik akkor, amikor szóda-bikarbónát használtok egy receptben. Ha gondosan megfigyelitek, azokban a receptekben, melyekben a kelesztéshez szóda-bikarbónát használnak, valahol mindig megtalálható a sav. Ez lehet nyilvánvaló, mint az ecet, a citromlé, az aludttej vagy az író. A sav lehet rejtett is – például a méz és a melasz is savasak. A borkő egy száraz sav, melyre szükség lehet egy

receptben; ez mindaddig nem reagálhat a szódadikarbónával, míg folyadékot nem adtunk hozzá.

A szódadikarbónának az a hátránya, hogy az összes gázt egyszerre szabadítja fel. Tehát ha a sütemény tésztája a sütőbe kerülés előtt áll egy ideig, vagy ha túl sokat kevered a tésztát, a kelesztő anyag elvész, és a süteményed lapos marad. Túl sokat sem szabad hozzáadnod, mert az íze meglehetősen sós, és még több savat is kéne hozzáadnod. Ha nincs elég sav, ami a szódadikarbónával reagálna, akkor nem fog felszabadulni a gáz, és a tortád vagy muffinod kissé kesernyés vagy szappanos ízű lesz az elreagálatlan bikarbonát miatt.

Vannak azonban olyan esetek, amikor a gázok gyors felszabadulása a kívánatos. Ilyenkor ammónium-bikarbonátot vagy ammónium-karbonátot használhatunk. Ez az *eclair*eknél, krém felfújtaknál és néhány aprósüteményeknél előnyös, különösen ahol arra van szükség, hogy a tészta gyorsan megemelkedjen, mielőtt a termék szétterülne a sütőben. Az ammónium-bikarbonát reakciója a következő:



Itt a keletkezett termék az ammónia (NH_3). Ez a sütés közben egy sajátos szagot eredményez, mely eltűnik, tehát a kész termékből majdnem teljesen eltávozik. Az ammónium-bikarbonátot vagy -karbonátot ritkán használják a háztartásban, mivel nem tarthatóak el jól, és gyorsan elvesztik az erejüket.

Sütőpor

A sütőpor a szódadikarbónának és pár másik dolognak, legfőképpen egy száraz savnak a keveréke. Amikor a tésztában összekeverjük a sütőport a nedves hozzávalókkal, a száraz sav és a szódadikarbóna egymással reagálhat, és széndioxidot szabadíthat fel.

Különböző típusú sütőporok léteznek.

Az egyszeres hatású sütőporokat a bennük lévő sav fajtája szerint jellemzik. A borköves sütőporok borkövet (a borkősav káliumsója) és borkősavat is tartalmaznak. Ezek a szódadikarbónával összekeverve folyadék jelenlétében gyorsan termenek gázt, tehát a tésztát gyorsan kell megsütni, különben lapos lesz. A foszfátos sütőporok kalcium-foszfátot vagy nátrium-pirofoszfátot tartalmaznak. Ezek kissé lassabban hatnak, mint a borköves sütőporok, de a gázok nagy része még mindig a sütőn kívül keletkezik, így elveszhetnek. A S.A.S. sütőporok nátrium-alumínium-szulfátot (*angol rövidítése: S.A.S., sodium-aluminum-sulphate*)

tartalmaznak savként. A S.A.S. sütőporok szobahőmérsékleten lassan reagálnak, és a gáz többsége a melegítéskor szabadul fel. A foszfátos és borköves sütőporok szobahőmérsékleten gyorsan reagálnak, felszabadítván ezzel a kelesztő gázt, ami azt jelenti, hogy a tésztát nem sokkal azután meg kell sütni, hogy a folyékony hozzávalót hozzáadtuk a keverékhez. A S.A.S. sütőporok viszont jobbak az olyan termékekhez, amelyeket még pihentetni kell egy ideig a sütés előtt. A S.A.S. sütőporok hátránya, hogy keserű ízük van. Ezeket más kelesztő szerekekkel együtt használják, így nem kell belőlük olyan sok. A S.A.S.-t gyakran használják a D.A. sütőporoknál.

A kettős hatású (D.A. – double acting) sütőporok találhatóak meg leggyakrabban az amerikai szupermarketekben. Az első hatás arra a gázfelszabadulásra utal, amely a szódadikarbóna savas folyadékkal való reakciójakor megy végbe. A D.A. sütőporok száraz savat tartalmaznak, mely nem reagál a porban lévő szódadikarbónával, míg a vizet hozzá nem adtuk; ebben a pillanatban a szódadikarbóna feloldódik, a sav feloldódik, és a kettő keveredni tud, és a fent bemutatott reakció játszódik le.

A második hatás arra a gázfelszabadulásra utal, amely akkor következik be, amikor a tésztát a sütőben vagy egy serpenyőben melegítjük. Ez a folyamat a lassan reagáló sav, a S.A.S. jelenlétére támaszkodik, mely csak akkor reagál a szódadikarbónával, amikor a hőmérséklet emelkedik.

Ha elolvasod az összetevőket a sütőpor dobozán vagy zacskóján, a kukoricakeményítő szerepel, mint a fő komponens. A kukoricakeményítőnek három célja van: 1) segít a terméket száraznak és szabadon folyónak megtartani, 2) segíti szárazon tartani a bikarbonátot és a savat (így ezek elválasztva maradnak), hogy a tárolás közben ne reagáljanak, és 3) segít megnövelni a por mennyiségét, hogy ezáltal könnyebben lehessen kimérni és szabványosítani.

Forrás:

<http://users.rcn.com/sue.interport/food/bakgsoda.html>

Elgondolkodtatok már valaha, hogy milyen kémiai folyamatoknak kell lejátszódnia ahhoz, hogy egy légzsák életet mentsen? Remélem a következő fordítási feladványból választ kaptok rá!

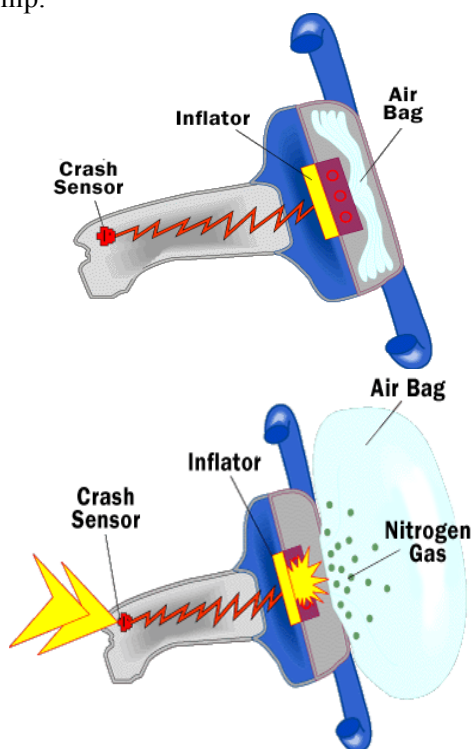
Life-saving explosions

Airbags have been shown to significantly reduce the number and severity of injuries and deaths in head-on automobile collisions. Airbags protect us in

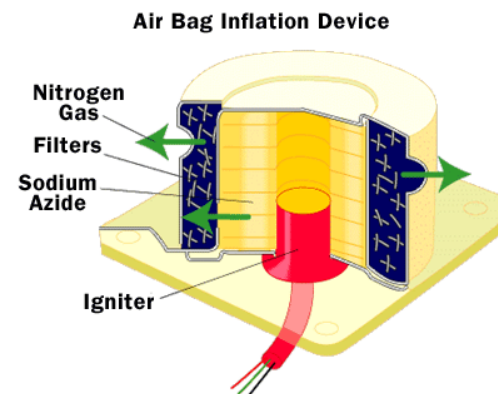
collisions by providing a cushion to decrease the force on the body from hitting the steering wheel, and by distributing the force over a larger area.

There are three parts to an air bag that help to accomplish this protection:

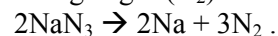
- The bag itself is made of a thin, nylon fabric, which is folded into the steering wheel or dashboard or, more recently, the seat or door.
- The sensor is the device that tells the bag to inflate. Inflation happens when there is a collision force equal to running into a brick wall at 10 to 15 miles per hour (16 to 24 km per hour). A mechanical switch is flipped when there is a mass shift that closes an electrical contact, telling the sensors that a crash has occurred. The sensors receive information from an accelerometer built into a microchip.



- The air bag's inflation system reacts sodium azide (NaN_3) with potassium nitrate (KNO_3) to produce nitrogen gas. Hot blasts of the nitrogen inflate the air bag.



The inflation system is not unlike a solid rocket booster. The air bag system ignites a solid propellant, which burns extremely rapidly to create a large volume of gas to inflate the bag. The bag then literally bursts from its storage site at up to 200 mph (322 kph) -- faster than the blink of an [eye](#)! This solid propellant is a mixture of NaN_3 , KNO_3 , and SiO_2 . When the car undergoes a head-on collision, a series of three chemical reactions inside the gas generator produce gas (N_2) to fill the airbag and convert NaN_3 , which is highly toxic, to harmless glass. Note that the maximum concentration of NaN_3 allowed in the workplace is 0.2 mg/m^3 air. Sodium azide (NaN_3) can decompose at 300°C to produce sodium metal (Na) and nitrogen gas (N_2).



The signal from the deceleration sensor ignites the gas-generator mixture by an electrical impulse, creating the high-temperature condition necessary for NaN_3 to decompose. The nitrogen gas that is generated then fills the airbag.

The purpose of the KNO_3 and SiO_2 is to remove the sodium metal, which is highly reactive and potentially explosive at room temperature, by converting it to a harmless material. First, the sodium reacts with potassium nitrate (KNO_3) to produce potassium oxide (K_2O), sodium oxide (Na_2O), and additional N_2 gas.



The N_2 generated in this second reaction also fills the airbag, and the metal oxides (Na_2O and K_2O) react with silicon dioxide (SiO_2) in a final

reaction to produce silicate glass, which is harmless and stable. (First-period metal oxides, such as Na_2O and K_2O , are highly reactive, so it would be unsafe to allow them to be the end product of the airbag detonation.)

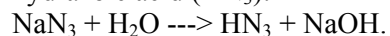
Table 1. This table summarizes the species involved in the chemical reactions in the gas generator of an airbag

Gas-Generator Reaction	Reactants	Products
Initial Reaction Triggered by Sensor	NaN_3	Na ; N_2 (g)
Second Reaction	Na ; KNO_3	K_2O ; Na_2O ; N_2 (g)
Final Reaction	K_2O ; Na_2O ; SiO_2	alkaline silicate (glass)

When N_2 generation stops, gas molecules escape the bag through vents. The pressure inside the bag decreases and the bag deflates slightly to create a soft cushion. Otherwise, the high internal pressure of the airbag would create a surface as hard as stone-- not the protective cushion you would want to crash into! By 2 seconds after the initial impact, the pressure inside the bag has reached atmospheric pressure.

The powdery substance released from the air bag is regular cornstarch or talcum powder, which is used by the air bag manufacturers to keep the bags pliable and lubricated while they're in storage.

Thus far we have discussed how airbags function to protect us when there is a head-on collision. But the vast majority of airbags in cars, fortunately, are never deployed within the lifetime of the automobile and unfortunately never removed from them before sending to the recycle centers. This can be hazardous, because these airbags still contain sodium azide, which is potentially mutagenic and carcinogenic and hence pollute the environment. Also the large amount of heat generated during the recycling process can be of danger too, because NaN_3 reacts explosively at high temperatures. Another danger arises when the recycled pieces come into contact with water, because if the NaN_3 dissolves in water, it can form hydrazoic acid (HN_3):



HN_3 is highly toxic, volatile (*i.e.*, it becomes airborne easily), and explosive.

A better solution is to remove the airbag canister before the car is sent for flattening or recycling. This is cheaper, simpler, and more efficient, and allows the car to be recycled safely.

Sources:

<http://www.howstuffworks.com/airbag.htm>

<http://www.chemistry.wustl.edu/~edudev/LabTutorials/Airbags/airbags.html>

http://www.lanl.gov/quarterly/q_sum03/chemistry.shtml

<http://www.lemurzone.com/airbag/inflate.htm>

Minden lapon szerepeljen a beküldő neve, iskolája és osztálya!

Beküldési határidő: 2006. február 27.

A fordítást a következő címre küldjétek:

KÖKÉL Kémia idegen nyelven

ELTE Kémiai Intézet

Sztáray Judit

1518 Budapest 112., Pf.: 32

Sztáray Judit

szj@elte.hu

VERSENYHÍRADÓ



Róka András

A Bugát Pál Természetismereti Verseny döntős feladatai kémiából

1. Elemezze lényegre törően az alábbi események tudománytörténeti hátterét és társadalomtörténeti jelentőségét!

- a vas előállításának felfedezése
- a gőzgép felfedezése
- a távíró és a rádió felfedezése
- a penicillin felfedezése
- az urán felfedezése

vas: A faszenes redukció vasércekre történő alkalmazása új, a bronztól erősebb szerkezeti anyag előállításához vezetett. A szivacsos szerkezetű nyersvasból kovácsolással magas széntartalmú acélt állítottak elő, amiből kiváló minőségű fegyverek, védő öltözetek és szerszámok készültek. A vasszerszámok megjelenésével könnyebbé vált a földművelés, növekedett a termés, ami a jobb táplálékellátáson keresztül a népesség növekedéséhez, a társadalom fejlődéséhez vezetett.

gőzgép: A XVII. század végére a faszén és a hímuzsír szükséglet – a faki-termelésen keresztül – már veszélyeztette az erdőállományt. A kohászatban a faszén kiváltására a kőszén lepárlásával előállított kokszot próbálták alkalmazni. A közel száz évig tartó előkísérletek után, a koksz alkalmazásával 1709-ben Abraham Darby forradalmasította a vasgyártást. A nagy mennyiségű öntöttvas megjelenésével fejlődésnek indult a vasszerkezetes építészet, a gépgyártás. A technikai és technológiai fejlődésnek, a termelékenység növekedésének azonban hamarosan a hátrányai is megjelentek. A gépesítés – kiszorítva a kézművességet – munkanélküliséghez vezetett, a túltermelés miatt pedig hamarosan jelentkeztek a gazdasági válság jelei.

távíró, rádió: Az indukció felfedezésével (Faraday 1831) megjelenhettek a váltóáramú áramkörök. A rezgőkör alkalmazása az elektromágneses hullámok (Hertz, 1887), a távíró (Morse, 1837, Marconi 1890), a telefon (Reis 1861, Bell 1876) és a rádió adás-vétel (Marconi, 1894, Popov 1895) felfedezéséhez vezetett. Az új eszközök forradalmasították a hírközlést. Felgyorsították az információcserét, és ezzel a mindennapi életet.

penicillin: A mikroszkóp felfedezésével (Leeuwenhoek) feltártult a mikrovilág, ismertté váltak az egysejtűek. A mikrobák vizsgálatával fejlődésnek indult a mikrobiológia (de Latour, Schwann, Pasteur, Koch). Fleming 1929-ben „véletlenszerűen” fedezi fel, hogy a *Penicillium* gombafajok anyagcsereterméke gátolja a baktériumtelepek növekedését. Felfedezésével – az arzén tartalmú, szintetikus kemoterápiikum, a Salvarsan után – megszületett az első (mikro-) biológiai eredetű antibiotikum a staphylococcusok ellen. A penicillin rövid idő alatt rendkívül hatékony gyógyszernek minősült, de széleskörű alkalmazása csak szintézisének ipari szintű megvalósulása után került sor.

urán: Becquerel felfedezése, valamint a Curie házaspár és Rutherford munkássága nyomán új tudomány született, a magfizika. A radioaktivitás, ezen belül a bomlási sorok vizsgálata hamarosan elvezetett az atommag-átalakítás igényéhez. Rutherford nyomán kezdetben az alfa-sugárzást alkalmazták, majd a neutron felfedezésével (Chadwick 1932) általánossá vált a neutron-besugárzás hatásának vizsgálata. Bár a nagy rendszámú atommagok neutron bombázás hatására bekövetkező hasadását már Ida Noddack felvetette, Hahn és Strassman találta meg azt az elemet, amellyel ez be is következik. Az urán hasadását végül Lise Meitner értelmezi (1939). Az atombomba előállításának (Manhattan-terv) békés célú mellékterméke az első atomreaktor sikeres kipróbálása (Enrico Fermi, Szilárd Leó, Wigner Jenő, Chicago, 1942. december 2.).

2. A megismeréssel (a tudomány fejlődésével) együtt változott a világról alkotott kép: Röviden elemezze, hogy az egyes korokban, az anyagátalakítása terén melyik élmény volt a fontosabb: a megmaradás vagy a megváltozás? Ellentmond-e egymásnak ez a két „tulajdonság”? Válaszában mi az anyagszerkezeti háttere?

Az őskorban – a tulajdonságok tudatosulása korában – a megmaradás élménye volt a domináns, hiszen őseink a jellemző („megmaradó”) tulajdonságok segítségével tudták környezetük anyagait megkülönböztetni (pl. táplálék vagy megmunkálható kövek keresése). A periodikusan jelentkező változások – mint a nappalok és éjszakák, vagy az évszakok változása – szintén a megmaradás élményét erősítették.

A tűz birtokba vételével, az anyag átalakulása, átalakíthatósága élményével egyre inkább a megváltoztatás válik igénnyé (réz, ón, ólom, majd a vas előállítása érceikből). A megváltoztathatóság igénye és élménye mellett annyira hátterbe szorul a megmaradás, hogy Arisztotelész őselemei nyomán egyenesen kialakul a tetszőleges megváltoztathatóság hite. Az alkímisták évszázadokon keresztül próbálják az anyagokat arannyá alakítani.

Az arany előállításának sikertelensége vezet el végül a kémiai elem fogalmához, és egyúttal az elemek megváltoztathatatlanságának kimondásához (Robert Boyle, Dalton). A felvilágosodás korában az igényes mérések bebizonyították, hogy az anyagi minőség megváltozása ellenére mindig vannak megmaradó mennyiségek. Felfedezik a megmaradási törvényeket (az elem, a tömeg, az energia és a vegyületi arányok megmaradása). Egyelőre megmagyarázhatatlan, de már elviselhető az ellentmondás, hogy a megmaradás és a megváltozás egyszerre érvényesül.

Dalton atomelméletével értelmezhetővé váltak a vegyületi arányok, de atommodellje – éppen a megmaradási törvények sugallta oszthatatlanság miatt – egyelőre alkalmatlan az anyag ellentmondásos viselkedésének értelmezésére. Míg a radioaktivitás és az elektron felfedezése bizonyították, hogy az atom osztható, Rutherford azt is kimutatja, hogy az atom részekből áll. A Bohr-modell segítségével pedig már érthetővé válik a „megmaradó megváltozás” is: A kémiai reakciók során csak az elektronburok, és ezen belül is a legkülső, vegyértékhéj változik meg, míg az atommag változatlan marad.

Összefoglaló séma:



3. Mikor és milyen „társadalmi” jelentősége volt az alábbi „adatoknak”? Az élő szervezetek egyik jellemző redoxi-rendszerének (NADH/NAD⁺) standard redoxipotenciálja $-0,32\text{ V}$, míg a Cl_2/Cl^- rendszeré $1,4\text{ V}$. Értelmezze a megadott adatokat!

A tudománytörténeti események felvázolása jól érzékelteti, hogy egy tapasztalat értelmezéséhez milyen hosszú elméleti fejlődés szükséges. A klórt Scheele 1774-ben fedezte fel. A textiliparban a felfutó termelés miatt nagyon nagy igény volt a fehérítő szer iránt. Ezért nagyon időszerű volt Berthollet felfedezése, hogy a klóros víz kiválóan fehéríti a textíliát. Kísérletei során rájött arra, hogy az irritáló és mérgező klórgáz a lúgos halmazsír-oldatban elnyelve is kifejti a kívánt hatást. Angliában, 1789-ben Tennant a klórt meszes vízbe vezetve állította elő a klórmészt. A fehérítés mellett a fertőtlenítő hatás felfedezéséig és alkalmazásáig azonban még egy emberöltőt kellett várni.

Semmelweis Ignác – az „anyák megmentője” – az 1850-es években vezeti be a klórmeszes vízzel történő kézmosást fertőtlenítés céljából, megelőzve ezzel a rettegett gyermekágyi lázt. A aszeptikus hatás magyarázata azonban még sokáig várat magára. A kémiában előbb kialakul a redoxi-reakciók elektronelmélete, az elektrokémia fejlődésével ismertté válnak az elektród-, majd a redoxipotenciálok. Végül feltáruznak a sejtszintű energiatermelés folyamatai, és ismertté válnak az élő szervezetek reverzibilis redoxi-rendszerei. A redoxipotenciál-értékek ismeretében ma már tudjuk, hogy a klóros víz éppúgy oxidálja a NADH-t, mint pl. a bromid- vagy jodidionokat. Vagyis az olyan erélyes oxidálószer, mint a klórosvíz és származékai, meggátolják a NADH/NAD⁺ reverzibilis átalakulását, ezáltal blokkolják az energiatermelő folyamatokat.

4. Az „információs társadalom” egyik legfontosabb eszközévé a mobiltelefon vált. Ezek működéséhez azonban elengedhetetlenül fontos a nagy kapacitású elektromos áramforrás. Hasonlítsa össze a Daniell-elem és a modern lítiumelem működését!

Háttérinformáció: Az új típusú lítiumelemekben nem fém lítiumot alkalmaznak, hanem lítium-oxid és kobalt (II)-oxid megfelelő arányú keverékét. Ezeket az elemeket felhasználás előtt „formatálni” kell (ami kémiailag elektrolízist jelent). Ne felejtse el, hogy a kobalt – a d-mező sok eleméhez hasonlóan - változó vegyértékű! A lítium az elektrolízis során atomok

formájában képződik, és egy speciális grafitrácsba ágyazódik be. Gyártson elméletet a lítiumelem működésére! Milyen hasonlóságokat és különbséget talál a két elem között?

A két galvánelem – triviális – hasonlósága, hogy egy-egy kémiai reakció energiáját alakítja át elektromos energiává. A lényeges különbség a reakció megfordíthatóságában rejlik: A Daniell-elem működése az irreverzibilis $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) = Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$ reakción alapul. Ezzel szemben a „lítium” elem (az ólomakkumulátorhoz hasonlóan) egy változó vegyértékű fém reverzibilis reakciójára épül: $Co^{2+} = Co^{4+} + 2e^{-}$.

További különbség, hogy a Daniell-elemben az elektrolit anionjai is rész vesznek az elektromos töltés szállításában, míg a „lítium” elemekben jobbra csak a lítiumionok vándorolnak.

A lítiumion-elemben az elektrolízis („formatálás”) során pozitív töltésű elektródon (az anódon) a lítium- és kobalt-oxid keverékéből nem a negatív töltésű anionok, hanem a kobalt(II)-ionok oxidálódnak, míg a lítiumionok a negatív pólushoz vándorolva redukálódnak. A lítium-oxid oxidionjainak elmozdulására így nincs is szükség, mert helyben maradva azonnal kompenzálják a keletkező kobalt-ionok megnövekedett pozitív töltését. Így alakulnak ki a galvánelem „pólusai”, ill. elektródjai.

Galvánelem üzemmódban fordított a helyzet. A grafitrétegekbe, vagy újabban ionvezető-polimerbe ágyazódott lítiumatomok oxidálódnak, míg a lítiumatomok által leadott elektronok felvételével a kobalt(IV)-ionok redukálódnak. Így lényegében csak a lítiumionok vándorolnak az újra szabadra váló oxidionokhoz. .

5. A működés ismeretében határozza meg, hogy hány mol Li^{+} - ion képződött egy 3 perc 45 másodperces „csevegés” (információváltás) esetén, ha az áramerősséget 150 mA-nek mérték?

Az adatok megfelelő mértékegységre történő átváltása:

$$\text{idő (t)} = 3 \cdot 60 + 45 \text{ (s)} = 180 + 45 \text{ (s)} = 225 \text{ s}$$

$$\text{áramerősség (I)} = 150 \text{ mA} = 0,15 \text{ A}$$

Amíg a negatív töltések (az elektronok) a fémes vezetón, a pozitív töltések (vagyis a negatív póluson képződött lítiumionok) az elektroliton keresztül vándorolnak. A töltésmegmaradás törvénye értelmében az elektrolitban ugyanannyi pozitív töltésnek kell vándorolni, mint amennyi elektron elektromos áram formájában vándorolt az elem pólusai között: $Q(\text{elektronok}) = Q(\text{lítiumionok})$

Az áramerősség és az eltelt idő ismeretében az áthaladt töltés mennyisége: $Q(\text{elektron}) = I \cdot t = 0,15 \cdot 225 \text{ As} = 33,75 \text{ C} = Q(\text{lítiumionok})$

Mivel 1 mólnyi elektron, ill. lítiumion töltése kerekítve $F = 96500 \text{ C}$ töltést képvisel, a lítiumionok anyagmennyisége

$$n(\text{lítium}) = Q(\text{lítiumionok}) / F = 33,75 \text{ C} / 96500 \text{ C/mol} = 0,00035 \text{ mol} = 0,35 \text{ mmol.}$$

A gyakorlati forduló feladatai

A tudomány társadalmi hatását nemcsak olyan – a történelemkönyvekből ismert – eseményeken keresztül követhetjük nyomon, mint például a gyermekágyi láz legyőzése, vagy az atombomba feltalálása, hanem mindennapi használati eszközeink, tevékenységeink változásában, fejlődésében is. A gyakorlati forduló során a tudomány mindennapi "hasznát" a mosás, az élelmiszergyártás és a technikai eszközök fejlődése terén próbáljuk elemezni.

1. feladat: A mosószerek, és ezáltal a mosás fejlődésén belül a hamuzsír és egy modern mosószer hatóanyagának, továbbá a mosás mechanizmusának összehasonlítása.

Részfeladatok:

a/. A fahamu hatóanyag-tartalmának meghatározása

Sav-bázis titrálás segítségével tervezzenek meg egy egyszerű műveleti sort ismert tömegű fahamu hamuzsír-tartalmának meghatározására, majd egyeztetés után(!) végezzék el a vizsgálatot! Az eredményt tömegszázalékban adják meg!

b/. Határozzák meg az ugyanilyen tömegű mosóporral készített oldat semlegesítéséhez szükséges sósav mennyiségét!

c/. Nevezzék meg (szakszerűen) a tervezett vizsgálat egymást követő műveleteit!

A titrálási eredmények alapján hasonlítsák össze a hamuzsír és a mosópor "lúgosságát" (savfogyasztását)! Az összehasonlítás során próbálják meg figyelembe venni, hogy a mosóporral szemben a fahamu sok, a mosás szempontjából hasznosíthatatlan anyagot tartalmaz!

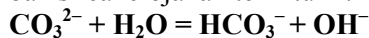
Magyarázzák meg, hogy miért lehet fahamuval mosni!

Nevezzék meg, hogy milyen típusú anyagokkal bővült a mosószerek hatóanyaga! Röviden elemezzék, hogy a tudomány és a kémiai technológia fejlődésével hogyan változott a mosás "tudománya" az egyiptomiak tapasztalati tudásától napjainkig!

Megoldás:

A fahamu és a mosóporok titrálását – több-kevesebb sikerrel – minden csapat megoldotta. Elgondolkodtató azonban, hogy a hamu vízoldhatatlan alkotóinak kiszűrése (kioldás utáni elválasztás) a csapatok egy harmadának nem jutott eszébe. Pedig a zavaros oldat szürke színe kissé zavarta az indikátor színváltozásának érzékelését.

Segítségként, több csapat számára meg kellett adni a hamuzsír összetételét (kálium-karbonát). He nem tudták volna, az indikátor is jelezte, hogy a hamu – továbbá a szóda, és a mosóporok – vizes oldata lúgos kémhatású. A gyenge sav és erős bázis alkotta sók lúgosan hidrolizálnak, amit a Bronsted-féle elmélet értelmében a karbonát-ionok vízzel történő sav-bázis reakciójának tekintünk:

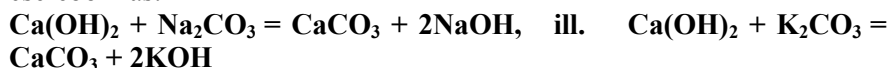


A lúgos közegben az észterek alkoholra és a karbonsav sójára bomlanak (lúgos hidrolízis, vagy „elszappanoítás”). A „koszosnak” tűnő fahamuval azért lehet mosni, mert hamuzsír tartalma miatt lúgos az oldata. A lúgos oldatban a zsírtól, vagy növényi olajtól származó szennyeződések glicerinre és a zsírsavak sóira bomlanak. A keletkező szappan ráadásul még fokozhatja is a tisztító hatást, mert micellák képződésével a szénhidrogén típusú olajszennyeződést is eltávolíthatja.

A mosószeres történetéről sajnos alig írtak a csapatok. Pedig elgondolkodtató, hogy a történelem hogyan ismétlődik!

Szódával már az egyiptomiak mostak, amit a nátrontavakból nyertek ki. Mezopotámiában – szóda híján – a fahamut (hamuzsír) alkalmazták. A sumérok ugyan már ismerték az elszappanosítást, de a maihoz hasonló szilárd szappant még nem készítettek. Egyrészt azért, mert lúgosságát (hidroxidion-koncentrációját) tekintve még híg volt a hamuból nyert oldat, másrészt azért, mert a káliumionokat tartalmazó „káliszappan” amúgy is lágy.

A mész-szódás eljárás felfedezése (ar-Rázi) lehetővé tette a szóda és a hamuzsír oldatától töményebb lúgoldatok előállítását. A kémia története során ez volt az első, vizes oldatban lejátszódó, csapadékképződéssel járó cserebomlás:



A „lúgésítéssel” beindult a szappanfőzés, de a XVII. századig csak mesterség szintjén terjedt el a mosószergyártás.

A XVIII. századtól azonban már annyira megnőtt a szóda iránti keresletet, hogy azt már csak ipari szintű termelés elégítette ki. 1787-ben Leblanc ötlete alapján beindul szintetikus szódagyártás, amit az 1860-as évektől fokozatosan felváltott a Solvay-féle technológia. A XX. században – a szerves kémiai technológia fejlődésével – megjelennek a szintetikus mosószeres, a nagyobb hatékonyságú „mesterséges” szappanok. A modern („intelligens”) mosóporokban azonban a felületaktív anyagok mellett – a lúgos kémhatás biztosítása, továbbá optikai fehérités céljából – továbbra is alkalmaznak szervesen sókat. Néhány éve, a természetes vizekben eutrofizációt okozó foszfátokat éppen az egyiptomiak által már használt szódára cserélték le.

2. feladat

A vaj és a margarin víztartalmának, és ezen keresztül összetételük összehasonlítása

Vízfürdön olvasszák fel a kémcsövekbe kiadott vaját és margarint, majd a térfogat-százalékos összetétel meghatározása (becslése) után hasonlítsák össze a termékek víztartalmát! Mi a feltétele a nagyobb víztartalmú termék előállításának? Az eredmények ismeretében értékeljék a tudomány "hasznosságát"!

Megoldás:

A felolvasztás után a vaj víztartalma kolloidális eloszlású maradt, míg a margarin esetében különvált a vizes fázis.

A hideg vaj, zsír azért kemény és nehezen kenhető, mert összeadódó jellegű diszperziós erők összetartják az észtermolekulák nagy szénatom-számú zsírsavláncait. A kis víztartalmú vaj tehát inkább molekulárcsos anyagként viselkedik. A vizsgált margarin víztartalma közel 30 térfogat % volt. Az apoláris közeg víztartalmának ilyen mértékű növelése csak felületaktív anyag alkalmazásával érhető el. Vagyis a margarin – a vajhoz képest – inkább egy emulziós gél. A micellák között gyengébbek a másodlagos kötőerők, ezért hidegen is kenhető. Az egészséges táplálkozás szempontjából előnyösnek tűnik, hogy a víztartalom növelésével csökken a zsír, és ezzel a koleszterin tartalom. Nem is beszélve a gazdaságosságról, hiszen vizet veszünk margarin áron.

3. feladat: „Játék”:

Az elemes és az elem nélküli (rázogatós) zseblámpa összehasonlítása

- a/. Figyeljék meg az elem nélküli zseblámpa felépítését és működését!
- b/. Próbálják meg megmagyarázni a "modern" zseblámpa működését, és ennek ismeretében az egymást követő energiaátalakulási lépéseket! Az elképzelésük alapján hasonlítsák össze a klasszikus és a modern lámpa működését!
- c/. Röviden elemezzék, hogy az elem nélküli zseblámpa esetében mit adott a XX. század tudománya (és technológiája) a XIX. század ismereteihez!

Megoldás:

A „rázogató” zseblámpa működési elvére – hogy a tekercsben mozgó mágnes indukált áramot kelt – minden csapat rájött. Azt azonban már csak néhány csapat említette meg, hogy amíg az elemes lámpában magas hőmérsékletű izzószál világít (hőmérsékleti sugárzás), addig a modern változatban „hideg” fényforrás, világító dióda (LED) található. Ez egyúttal azt is jelenti, hogy az indukációs lámpa kisebb áramerősséggel működik. Azt szinte minden csapat említette, hogy az indukált feszültség egy kondenzátoron keresztül egy (lítium-) akkumulátort tölt fel, de az egyenirányítás gondolata egy csapatnál sem merült fel.

A mozgási indukáció jelensége Faraday munkássága óta ismert (1831). A tekercsben, az ide-oda mozgó mágnes hatására indukálódó áram azonban nem „hajt” meg egy zseblámpaizzót. Ahhoz, hogy a jelenségre egy fényforrás épülhessen a félvezetők, a dióda, a világító dióda felfedezése, röviden a mikroelektronika fejlődése kellett.

MŰHELY



Kérjük, hogy a MŰHELY című módszertani rovatba szánt írásaikat 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@yahoo.com, Telefon: 06 30 313 9753.

Kiss Edina - Dr. Tóth Zoltán

A tanulók anyagmennyiséggel kapcsolatos fogalmi megértése és fejlődése

Bevezetés

Az anyagmennyiség fogalmát más alapfogalmakkal együtt a kémia oktatásának elején vezetik be, az általános iskola 7. évfolyamán. Ismerete elengedhetetlen a kémiai számítások és az egyenletek felírása során. A tapasztalat azonban azt mutatja, hogy a tanulók e két témától idegenkednek a legjobban. Ha megkérdezzük őket, hogy mit nem szeretnek a kémiában, akkor biztosak lehetünk, hogy zömmel a számítási feladatokat és a reakcióegyenleteket fogják megemlíteni. Joggal vetődik fel a kérdés, hogy mi lehet ennek az oka. A matematikai felkészültség mellett az anyagmennyiség fogalmának megfelelő értelmezése is hiányozhat. Vizsgálatunk tárgya ezért a tanulók anyagmennyiséggel kapcsolatos fogalmi megértése és fejlődése.

Nemzetközi eredmények

Nemzetközi szinten már több évtizede foglalkoznak ezzel a témával, és a tapasztalat szerint sokszor nem csak a tanulóknak, de a tanároknak is gondot okoz az anyagmennyiség fogalmának megfelelő értelmezése. Ezt támasztja alá egy svéd kutatás (*Strömdahl és mtsai, 1994*), amely során interjúkat végeztek tanárokkal, akiket arra kértek, mondják el, mit jelent számukra az „1 mol”. A válaszokat a következő 4 kategóriába sorolták be:

1. Egy mól az anyagnak egy adagja.
2. Egy mól az az elemi egység (entitás), mely meghatározott tömeget jelent.
3. Egy mól megegyezik az Avogadro számmal.
4. A mól az anyagmennyiségnek, mint fizikai mennyiségnek a mértékegysége.

Megállapítható, hogy az első három definíció a mól fogalmának egy korábbi történeti megfogalmazásával hozható összefüggésbe, és csak a negyedik van összhangban a mai, SI definícióval. Bár az első három megközelítés makroszintű, ennek ellenére a tanárok gyakran használnak részecske szintű analógiákat és példákat a megértés elősegítésére az oktatás során. A kutatás alátámasztja azt a tényt, hogy a tanárok anyagmennyiségről alkotott saját elképzelése nagymértékben befolyásolja azt a tanítási módot, ahogy a tanulóknak bevezetik és megtanítják a fogalmat. Nem csodálkozhatunk tehát azon, ha a tanulók is meglehetősen zavarosnak ítélik ezt a fogalmat. Mindemellett a vizsgálat arra is rávilágított, hogy a tanulók egyáltalán nem látják az összefüggést az anyagmennyiség és más tudományos fogalmak között.

Természetesen a tanár előadása mellett fontos szerepet tölt be a tankönyv is. Egy olasz kutatócsoport (*Cervellati és mtsai, 1982*) ezért tankönyvelemzést is végzett, mielőtt középiskolások elképzeléseit vizsgálta az anyagmennyiség fogalmával kapcsolatban. A kutatás elsősorban azért érdekes, mert több mint 20 éves, és így egészen korai tankönyvek is görcső alá kerültek. Ez azt jelenti, hogy a tankönyvek segítségével tulajdonképpen nyomon követhették a mól fogalmának fejlődését.

A definíciók között először a gramm-atom-, illetve gramm-molekula-súly jelent meg. Később a mólból egység lett, amelyet először még nem, majd hozzákapcsoltak az Avogadro számhoz. Majd a gramm-atom- és gramm-molekula-súly fogalmak el is tűnnek a tankönyvekből. Azaz annak is megvan az oka, hogy a tanárok miért vélekednek másképp

az anyagmennyiségről, mint ahogy azt az SI szerint elvárható. (A tanárok idősebb nemzedéke még nem az 1971-ben elfogadott definíciót tanulta az iskolában.)

A vizsgálat során az is kiderült, hogy az Avogadro-szám bevezetésére és használatára vonatkozólag négyféle módot különböztettek meg, amelyekből kettő uralkodott a könyvekben. Az egyik szerint csak megemlítik az Avogadro-szám értékét, míg a másik szerint a gázok moláris térfogatával kapcsolatban számolnak vele.

A mólt kétféleképpen használják: vagy „részecske-számlálóként” vagy sztöchiometriai magyarázatokban, beleértve az oldatok koncentrációját is.

Egy másik tankönyvelemzést azért találunk fontosnak bemutatni, mert itt már főiskolai könyvek is bekerültek a mintába, és a közelmúltra tehető (*Staver és Lumpe, 1993*). A kutatási kérdések hasonlóak voltak, annyiban nyújt többet, hogy itt nagyobb hangsúlyt fektettek a szövegkörnyezetre. Nézzük a tartalmi elemzés eredményét!

1. Kétféle definíció jelenik meg a tankönyvekben. Az egyik a részecske-számmal hozza összefüggésbe a mólt fogalmát, míg a másikban a 12-es tömegszámú szénizotóppal.
Ez a két definíció jelenik meg a magyar tankönyvekben is, ahogy azt később bemutatjuk.
2. Minden olyan tankönyv, amely a definícióban felhasználja a C-12-t, előzőleg bevezeti az atommal kapcsolatos fogalmakat.
3. A legtöbb tankönyv, mindkét oktatói szinten bemutatja, hogy az Avogadro-állandó egy kísérletileg meghatározott mennyiség.
4. Majdnem minden tankönyv azzal a problémával hozza összefüggésbe a mólt bevezetését, hogy hogyan számolhatjuk meg azokat a részecskéket, melyek túl kicsik ahhoz, hogy tömegük mérhető legyen. A tankönyvek nagy része a tucatot használja analóg példaként a mólt bevezetésére.

Nelson (1991) nemes egyszerűséggel csak „elusive”, azaz megfoghatatlan mólnak nevezi az anyagmennyiség mértékegységét, és megfogalmazza a tévképzetek egyik okát. Eszerint nem használhatjuk számoló egységként a mólt úgy, mint a tucatot. Vagyis a tucat mégsem a legjobb analóg példa a szemléltetésre. Nem jó példa, mert a „tucat” és a „darab” - bár mindkettő kifejezi egy halmaz számosságát - nem fizikai mértékegységek. A mólt viszont onnantól kezdve, hogy az anyagmennyiség mértékegysége, nem ugyanabban a jelentésében fordul elő a darabszámhoz ké-

pest, mint a tucat. Az más kérdés, hogy 1 mólt anyagmennyiséget hogyan definiálunk. Igaz tehát, hogy a tojások száma 2 tucat, ami egyenlő 24 darabbal, de választanunk kell, hogy a részecskék száma $12 \cdot 10^{23}$, vagy az anyagmennyisége 2 mol. A kettő közé nem tehető egyenlőség jel. Az egyik adat a részecskék számát adja meg, míg a másik az anyagmennyiséget.

Nelson a probléma másik okát az anyagmennyiség kifejezés kettős jelentésében látja. Mivel az anyagmennyiségnek már van jelentése általában, ezért a „kémiai anyagmennyiség” kifejezés használatát javasolja helyette. Általában az anyag mennyiségét nem csak mólból, de kg-ból, literben stb. is megadhatjuk.

Az SI definíció

Ez a közlemény nem lenne teljes, ha nem tartalmazná a hivatalos definíciót, melyet 1971-ben a IUPAP és IUPAC javaslatára fogadtak el (*Riedel, 1990*). Eszerint a korrekt meghatározás, mely két részből áll, a következő:

1. A mólt annak a rendszernek az anyagmennyisége, mely annyi elemi egységet tartalmaz, mint ahány atom van 0,012 kg szén-12-ben; jele: „mol”
2. Amikor a mólt használjuk, meg kell határozni az elemi egységet, amely lehet atom, molekula, ion, elektron, egyéb részecskék, vagy ezek meghatározott csoportja.

Vegyük észre, hogy ez nem az anyagmennyiségnek, hanem a mértékegységének, a mólnak a meghatározása! Mindössze egy helyen találtunk kísérletet ténylegesen az anyagmennyiség fogalmának leírására (*Riedel, 1990*), mely szerint: "Az anyagmennyiség független alapegység, amely a részecskék és az átalakulások diszkontinuus voltát és megszámlálhatóságát fejezi ki. Adott anyag anyagmennyisége arányos az elemi egységeinek számával."

Tankönyvi definíciók

Mi is megvizsgáltuk a kutatásban résztvevő minta által leggyakrabban használt kémia tankönyveket, hogy megtudjuk, mikor és hogyan definiálják az anyagmennyiség fogalmát. Azt találtuk, hogy már hetedikben előkerül a fogalom. Ezután nyolcadikban nem, hanem kilencedikben fordul elő újra az általános kémiai fogalmak között. Az anyagmennyiség beveze-

tésének okaként általában arra hivatkoznak, hogy egyetlen részecske tömegét nem lehet megmérni, vagy a kémiai reakciók sem néhány részecske között mennek végbe. Az irodalomból jól ismert definíciókkal találkozunk, amelyek közül az első a fiatalabb korosztály részére érthetőbb, a második azonban nagyobb összhangban van az SI-vel.

Jobban megfigyelve a definíciókat azonban láthatjuk, hogy valójában itt sem az anyagmennyiség, hanem annak mértékegysége van meghatározva.

Def. 1. Az anyagmennyiség mértékegysége a mól. 1 mol annak az anyagnak az anyagmennyisége, amely $6 \cdot 10^{23}$ db részecskét tartalmaz.

Def. 2. Az anyagmennyiség mértékegységét, a mólt, a szén-12 izotópra vonatkoztatják. 1 mol annak a rendszernek az anyagmennyisége, amely annyi elemi egységet tartalmaz, mint ahány atom van 0,012 kg szén-12-ben.

Kutatási kérdések

Vizsgálatunk kutatási kérdései a következők voltak:

1. Ismerik-e a tanulók az anyagmennyiség fogalmát, vannak-e tévképzeik vele kapcsolatban?
2. Hogyan (milyen analóg példákon keresztül) érzékelik, hogy milyen nagy szám az Avogadro-állandó?
3. Tudják-e, hogy miért vezették be az anyagmennyiséget?
4. Tisztában vannak-e az anyagmennyiség és a relatív atomtömeg kapcsolatával?
5. Tudják-e megfelelően használni az anyagmennyiséget a különböző sztöchiometriai problémák megoldásában?

A kutatás módszere

Kutatásunk során írásbeli felmérő lapokat használtunk. A felmérőlap 12 feladatot tartalmazott, különböző oldalról vizsgálva a tanulók ismereteit. Az első feladatban definiálniuk kellett az anyagmennyiség fogalmát, majd további kérdések segítségével próbáltunk meggyőződni arról, hogy a diákok tisztában vannak-e az anyagmennyiség bevezetésének gyakorlati hasznával és képesek-e azt alkalmazni. A feladatok teljes szövegét az eredményeknél mutatjuk be.

A vizsgált minta

A populációt a 13 és 17 év közötti magyar gimnazisták alkották, amelyből a vett minta évfolyamonkénti megoszlását az 1. táblázat tartalmazza. Az ország 12 településének 17 gimnáziumából 750 tanuló töltötte ki írásbeli felmérőnkét. Kifejezetten hat-, illetve nyolcosztályos iskolákat választottunk, ahol a kémiaoktatás folyamata nem törik meg az iskolaváltással nyolcadikban. A táblázatból az is kiderül, hogy a 12. évfolyam tanulóit kihagytuk. Ennek oka egyrészt az őket az év folyamán nagymértékben lefoglaló érettségi vizsga volt, másrészt pedig felmérésünk időpontja, amely az írásbeli érettségit követően történt, 2003. május közepe után.

1. táblázat. A minta évfolyam szerinti összetétele

Évfolyam	7.	8.	9.	10.	11.	
N (fő)	171	166	142	144	127	750

Az eredmények és magyarázatuk

Miután a felmérő lap 12 kérdést tartalmazott, itt csak a legérdekesebb tapasztalatokkal szolgáló feladatok bemutatására van lehetőségünk. A 11. feladat eredményeiről korábban már beszámoltunk *A Kémia Tanítása* című folyóiratban (Tóth és Kiss, 2004).

1. feladat: Írd le az anyagmennyiség fogalmát!

Bár a szakember szerint a „mól fogalma” elavult, téves kifejezés, tekintve, hogy az egy mértékegység (Riedel, 2004), mégis láthattuk, hogy valójában nem az anyagmennyiséget, hanem a mértékegységét definiáljuk. Tulajdonképpen az anyagmennyiség fogalmi meghatározásával nem nagyon lehet találkozni. A jelenlévő zavarhoz többek között az is hozzájárul, hogy amikor az anyagmennyiség definíciójáról beszélünk, a mértékegysége meghatározását értjük alatta.

Kíváncsiak voltunk, hogy tanulóink miképp oldják meg ezt a feladatot, fel tudják-e oldani a zavart. Válaszaikat egy hatfokú skála segítségével pontoztuk (Abraham és mtsai, 1992), melyet a hazai szakirodalomban is megtalálhatunk (Korom, 2005). A válaszból a megértés szintjére következtetve a 2. táblázatban foglaltak szerint 0-5 pontot adtunk.

2. táblázat. A tanulói válaszok értékelését segítő hatfokú skála

A megértés szintje	A pontozás kritériumai	Pont
nincs válasz	üres lap „nem tudom” „nem értem”	0
nincs megértés	a kérdés megismérlése, nem a tárgyhoz tartozó értelmetlen válasz, a tapasztalat megismérlése	1
tévképzet	a válasz helytelen információt tartalmaz	2
részleges megértés tévképzettel	a válaszok jelzik az adott fogalom megértését, de tartalmazznak olyan állításokat is, amelyek tévképzetre utalnak	3
részleges megértés	a válaszok a helyes válasz elemei közül legalább egyet tartalmazznak, de nem az összest	4
teljes megértés	a válaszok a helyes megoldás összes komponensét tartalmazzák	5

A 3. táblázatban láthatjuk, hogy a tanulók hány százaléka érte el az adott pontot, a 4. táblázatban pedig bemutatunk néhány jellemző választ is.

3. táblázat. A tanulói válaszok pontjainak évfolyam szerinti megoszlása %-ban

	0	1	2	3	4	5
7. évf.	28	6	34	8	19	5
8. évf.	34,5	17,5	24	4	17,5	2,5
9. évf.	29,5	25	24,5	1	20	0
10. évf.	34	16	21,5	3	22	3,5
11. évf.	27,5	16	32	1	23,5	0
összes (átl.)	31	16	27	4	20	2

Látható, hogy a tanulók közel egyharmada nem tudott válaszolni, másik harmaduk tévképzetekkel rendelkezik, és csak egyötödük tudott olyan meghatározást írni, mely elfogadható volt (4 és 5 pont). A 4. táblázatban a 2 pontot érő válaszok a két leggyakoribb tévképzetet írják le, mely a nemzetközi szakirodalommal is egyezik.

Az 1. ábrán az évfolyamok megértési szintjét látjuk, amelyet az előbbi pontszámok átlagából számoltunk.

Az eredmények szerint minden évfolyamon alacsony a fogalom megértési szintje, de a hetedikeseké a legnagyobb. Bár szignifikáns különbség nincs az évfolyamok között, az életkor előrehaladásával csökken a megértés, kilencedikben éri el a minimumot, majd újra növekszik, de a hetedikeseké már nem éri el. Kérdés, hogy mi lehet ennek az oka?

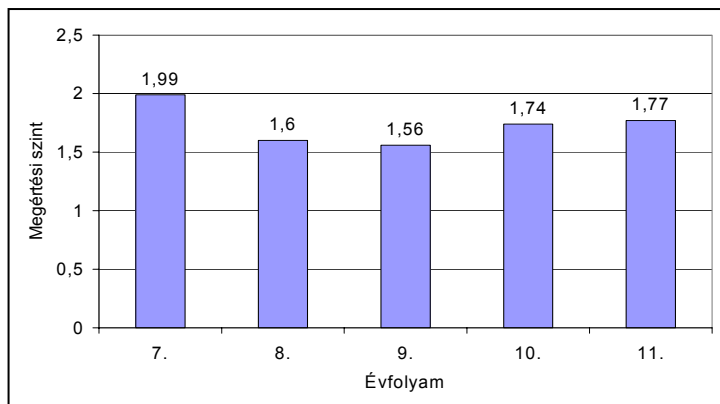
Egyrészt gondolhatunk a definícióváltásra, hiszen a felsőbb évesek körében már a bonyolultabb, szén-12-es izotópra vonatkozó definíció a követelmény, amely azonban sokak számára érthetetlen marad.

4. táblázat. Jellemző tanulói válaszok

	Jellemző válasz
0	Nincs válasz.
1	Az anyagmennyiséggel az anyagi rendszerek mennyiségét lehet megadni. Az anyagmennyiség a tömeg és a moláris tömeg hányadosa.
2	Az anyagmennyiség megmutatja az anyagban lévő atomok számát. Az anyagmennyiség azt mutatja meg, hogy 1 mol részecskének mekkora a tömege.
3	Az anyagmennyiség a megadott tömegű anyagban lévő atomok számát mutatja meg. Mértékegysége a mol. $1 \text{ mol} = 6 \cdot 10^{23}$ db atom.
4	1 mólban $6 \cdot 10^{23}$ db részecske van.
5	Az anyagmennyiség mértékegysége a mól. 1 mol annak az anyagnak az anyagmennyisége, amely $6 \cdot 10^{23}$ db részecskét tartalmaz. Az anyagmennyiség mértékegységét, a mólt, a szén-12 izotópra vonatkoztatják. 1 mol annak a rendszernek az anyagmennyisége, amely annyi elemi egységet tartalmaz, mint ahány atom van 0,012 kg szén-12-ben.

Másrészt maga az értékelési rendszer is lehet oka az alacsony átlagoknak. Előfordult, hogy a tanuló válasza fejlettebb gondolkodásról árulkodott, de a rendszer miatt mégsem kaphatott több pontot. Megfigyelhető volt például, hogy a magasabb évfolyamokon a diákok igyekeztek ténylegesen az anyagmennyiséget definiálni a mértékegysége helyett. Nézzünk néhány törekvést!

1. Az anyagmennyiség a tömeg és a moláris tömeg hányadosa.
2. Az anyagmennyiség a részecskeszám és az Avogadro szám hányadosa.
3. Az anyagmennyiséggel az anyagi rendszerek mennyiségét lehet megadni.
4. Az anyagmennyiség megmutatja, hogy adott mennyiségű anyagban hány mólnyi részecske van.



1. ábra. A megértési szint évfolyamonként

Az első kettő felépítését tekintve hasonló. Mi mégsem tarthatjuk igazi definícióknak őket, a tankönyvekben sem ezt írják le az adott helyen. Ezekkel a hányadosokkal csak számolnak a sztöchiometriai feladatokban. Ezen kívül mindkettő tartalmaz egy moláris mennyiséget, amely már eleve feltételezi az anyagmennyiség fogalmának ismeretét, így segítségükkel az nem definiálható.

A következő is a semmitmondó meghatározások közé került, és így az első kettőhöz hasonlóan 1 ponttal értékeltük. Az utolsó viszont 4 pontos volt, mert itt már megjelenik, hogy az anyagmennyiség mértékegysége a mól.

Mindezzel együtt elmondhatjuk, hogy bizonyos fogalmi fejlődés tetten érhető. Például, míg az alacsonyabb évfolyamokon az első típusú definíciót részesítik előnyben, addig a felsőbb évesek esetén már megjelenik a bonyolultabb, szén-12 izotópra vonatkoztatott meghatározás is. Igaz nem nagymértékben, így nem növeli az átlagot túlzottan, de mindenképpen utal

fejlődésre. Másrészt a felsőbb évesek jobban érzékelik a különbséget az anyagmennyiség és mértékegysége, a mól között. Náluk találtunk törekvéseket arra, hogy ne a mértékegységet, hanem magát a fogalmat definiálják.

2. feladat : Mi a különbség a mol és a mól között?

Második feladatunk egy igen érdekes problémára világít rá. Nagyon sokféle válasz született, az 5. táblázat a legjellemzőbbeket tartalmazza a százalékos előfordulással.

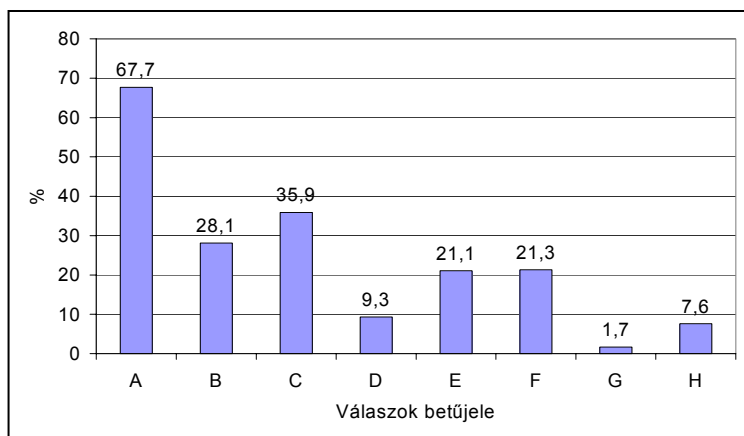
5. táblázat. A 2. feladatra adott jellemző tanulói válaszok

A válasz	
A mól az anyagmennyiség mértékegységének neve, a mól pedig a mértékegység jele.	10%
Az egyik (ált.: mól) az anyagmennyiség jele, a másik (mol) a mértékegysége.	8%
Az egyik $6 \cdot 10^{23}$ db részecskét jelent.	7%
Az egyik a moláris tömeget fejezi ki.	5%
A mol a Magyar Olaj és Gázipari Részvénytársaság rövidítése.	5%
A mol-t írásban, a mól-t szóban használjuk	3%
A mól-t fogalmakban, a mol-t mértékegységként használjuk.	3%
A mol, mint zenei kifejezés.	1%

4. feladat : Milyen anyagi rendszerek mennyiségét lehet megadni az anyagmennyiséggel? Karikázd be a megfelelő választ/válaszokat!

- A) atomok, molekulák, ionok
- B) elemi részecskék (proton, neutron, elektron)
- C) vegyületek
- D) kémiai reakciók
- E) szilárd anyagok
- F) bármilyen anyag
- G) egyéb:
- H) nem tudom

A 2. ábra az összesített százalékos eredményeket mutatja.



2. ábra. Tanulói válaszok százalékos eloszlása a 4. feladatban

Az SI definíció alapján az első három válasz felel meg. A szilárd anyag és a bármilyen anyag megfogalmazások túl általánosak ahhoz, hogy választhatók legyenek, a tanulók több, mint 20%-a azonban mégis megtette.

Nem választották túl sokan azonban a kémiai reakciót, amire viszont ki szoktuk terjeszteni az anyagmennyiség fogalmát, amennyiben a reakcióhőt kJ/mol-ban adjuk meg. Az viszont biztos, hogy még a kémiatanárok számára sem mindig világos, hogy mit értünk 1 mol reakció egyenlet alatt. Az egyéb válaszok között említésre méltó, jellemző válasz nem volt.

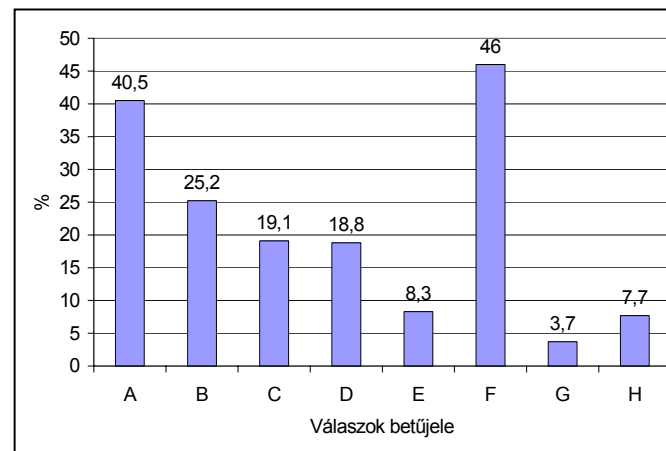
5. feladat : Szerinted miért volt szükség az anyagmennyiség fogalmának, illetve mértékegységének bevezetésére? Karikázd be az általad helyesnek vélt választ/válaszokat!

- A) azért, mert egységnyi anyagmennyiségű részecskének már mérhető tömege van
- B) azért, mert a kémiai reakciók sohasem néhány, hanem sok részecske között játszódnak le
- C) azért, mert egy anyagi halmaz tulajdonsága függ a halmazt felépítő részecskék számától
- D) azért, hogy ne kelljen nagy számokkal dolgozni
- E) azért, hogy ne kelljen kis számokkal dolgozni

- F) azért, hogy segítségével egyszerűbben leírassuk az egymással reagáló anyagok arányát
- G) egyéb magyarázat:
- H) nem tudom

Ebben a feladatban minden válasznak volt egy kis igazságtartalma. Itt inkább arra voltunk kíváncsiak, hogy a tanulók mit tartanak fontosnak. A 3. ábra az egyes válaszok százalékos előfordulását mutatja.

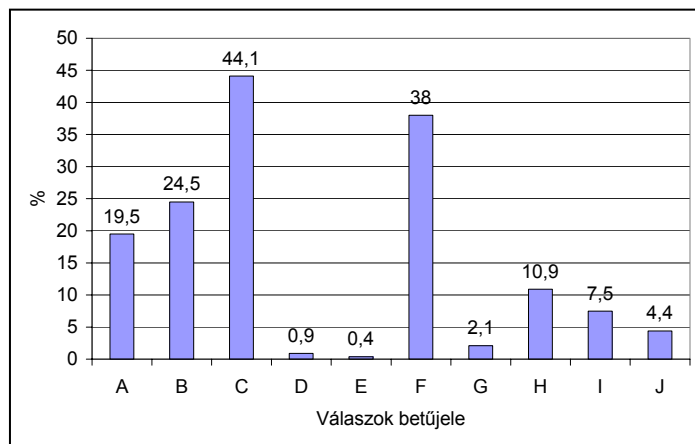
Az A) és az F) magyarázatokat választották a legtöbben, és az évfolyamonkénti részeredményekből azt is megállapíthatjuk, hogy míg az alacsonyabb évfolyamokon a tankönyvek által is hangsúlyozott mérhető tömeg kerül a középpontba, addig a felsőbb évesek már sokkal inkább a számukra fontos gyakorlati hasznot helyezik előtérbe, ami a reakció-egyenletek írását jelenti.



3. ábra. Tanulói válaszok százalékos eloszlása az 5. feladatban

6. feladat : Szerinted miért éppen $6 \cdot 10^{23}$ (pontosabban $6,022 \cdot 10^{23}$) az Avogadro-szám értéke? Miért nem $1 \cdot 10^{24}$ vagy $5 \cdot 10^{23}$?

- A) azért, mert egy atom $6 \cdot 10^{23}$ darabjának tömege megegyezik az illető atom relatív atomtömegének grammokban kifejezett értékével (ez megkönnyíti a kémiai számításokat)



5. ábra. A tanulói válaszok százalékos megoszlása a 8. feladatban

A 12. feladat hasonló volt, de ott már egy teljes kémiai reakció (vízképződés elemeiből) jelentését kellett kiválasztani a megadott lehetőségek közül. Itt azt akartuk megtudni, hogy tanulóink mennyire vannak tisztában a kémiai egyenlet mennyiségi jelentésével, és hányféleképpen értelmezhetik azt. Az eredmények alapján elmondhatjuk, hogy elsősorban anyagmennyiségként értelmezik a képletek előtt álló együtthatókat. Másodsorban gondolnak a részecskék tényleges számára és csak ezt követi az anyagok tömegének a meghatározása. Tanulóink nagy része rendelkezik azzal a tévképpzel, hogy a kémiai egyenlet egyfajta „szentírás”, ami azt jelenti, hogy a reakció csak akkor megy végbe, ha a reagáló anyagok éppen olyan mennyiségben, illetve arányban vannak jelen, ahogy azt az egyenlet előírja. Ez azt sejteti, hogy a meghatározó reagens fogalmával nincsenek tisztában. A tanulók több mint 10 százaléka még mindig nem tudja megkülönböztetni az atom és a molekula jelölését az elemek esetén. Ez utóbbi probléma egyik oka a kémia következtelen jelölésrendszere (Tóth, 2002).

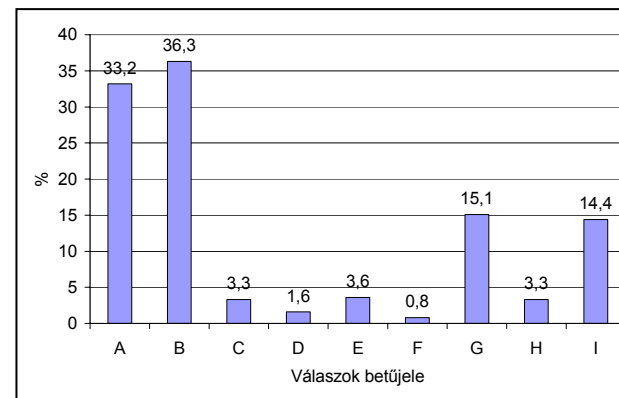
Végezetül egy egyszerű sztöchiometriai feladat, mely az anyagmennyiség fogalmának a számolások alkalmával való felhasználását ellenőrzi.

9. feladat : Hány molekula tartalmaz 32 g CH_4 ?

A) $2 \cdot 6 \cdot 10^{23}$

- B) 2 mol
 C) 5 mol
 D) 10 mol
 E) 5
 F) 10
 G) 2 molekulát
 H) egyéb:
 I) nem tudom

Az A) válasz a helyes, de a 6. ábrán látható, hogy a tanulók több mint egyharmada anyagmennyiséget számolt, bár nem ez volt a kérdés, sőt kb. 15 % úgy vélte, hogy mindössze 2 molekulát tartalmaz 32 g metán és legalább ennyien nem tudtak választ adni. Ezek a hibás válaszok arra utalnak, hogy a tanulók többsége számára az anyagmennyiség a részecskeszámmal azonosul. A G) válasz, mint tévképzlet azzal is magyarázható, hogy a tanulók gyakran nincsenek tisztában a „mol” jelentésével, és azt hiszik, hogy az a molekula szó rövidítése.



6. ábra. A tanulói válaszok százalékos megoszlása a 9. feladatban

Következtetések, összefoglalás

1. Az irodalom szerint nem csak a tanulóknak, de a tanároknak is vannak problémáik az anyagmennyiség fogalmának megértésével. Márpedig a

- tanárnak jut a legfontosabb szerep a fogalmak átadásában, megtanításában.
2. A tucat nem jó példa a mól szemléltetéséhez, mert a mól és a darab nem ugyanazt a fizikai mennyiséget fejezik ki. (A darab ugyanis nem fizikai mértékegység.)
 3. Az anyagmennyiségnek éppúgy nincs elterjedt definíciója, mint az időnek vagy a hosszúságnak. Amikor az anyagmennyiség fogalmáról beszélünk, akkor a mértékegységének, a mólnak a meghatározását értjük alatta. Ezért sok esetben az angolban sem az anyagmennyiség (amount of substance) fogalmáról beszélnek, hanem a mólról (mole concept).
 4. Válaszok a kutatási kérdésekre:
 - 1) A tanulók nagy része nincs tisztában az anyagmennyiség fogalmával, számos tévképpzel rendelkezik vele kapcsolatban. Megértési szintjük nagyon alacsony. Alig több mint 10 %-uk tudja mi a különbség a mól és a mol között, és azt sem tudják kellő biztonsággal, hogy milyen anyagi rendszerek mennyiségét lehet megadni az anyagmennyiséggel.
 - 2) Az Avogadro-állandó nagyságával tisztában vannak, bár érzékeltetésére jelentős mértékben a tankönyvi analógiákat használják.
 - 3) Az anyagmennyiség bevezetését az alsóbb évesek a részecskék mérhető tömege, a felsőbb évesek az anyagmennyiségnek a kémiai egyenletben betöltött fontos szerepe miatt véli hasznosnak.
 - 4) A tanulók több mint fele nem tudja mi a kapcsolat az anyagmennyiség és a relatív atomtömeg között.
 - 5) A sztöchiometriai feladatok megoldása mindig problémát jelent a tanulóknak. Így vagy nem is vesződnek a megoldásával, vagy ha megoldják, akkor valamilyen figyelmetlenség, tévképzet miatt nem jó az eredmény. A felmérőlapban szereplő egyszerű feladatot csak a tanulók egyharmada tudta helyesen megoldani.
 5. A felmérőlap eredményeit értékelve a következő tévképzeteket tártuk fel:
 - 1) Az anyagmennyiség megmutatja az anyagban lévő atomok számát.
 - 2) Az anyagmennyiség azt mutatja meg, hogy 1 mol részecskének mekkora a tömege.
 - 3) Az anyagmennyiséggel bármilyen anyag mennyiségét meg lehet adni.

- 4) Az Avogadro-szám értéke azért éppen $6 \cdot 10^{23}$, mert ennyi atomot tartalmaz 12 g 12-es tömegszámú szénizotóp és ez a relatív atomtömeg-skála alapja.
- 5) A 3CO_2 szimbólum azt jelenti, hogy a molekula 3 C atomból és 1 O_2 molekulából áll.
- 6) A mólszám az anyagmennyiség kifejezés szinonimája.
- 7) A „mol” a molekula szó rövidítése.
6. A fogalommal kapcsolatos megértési problémák az előzőeken kívül azért is merülnek fel, mert sok esetben a szakemberek sem jutnak közös nevezőre bizonyos pontokban. Így ellentmondást fedezhetünk fel a tankönyvek szerzőinek álláspontja között, például a jelölésben. Az egyik szerint (*Kecskés és Rozgonyi, 1997*) az Fe vegyjel a következőket jelenti: vas, vasatom (1 vasatom), 1 mol vas, $6 \cdot 10^{23}$ db vasatom és 56 g vas. A másik szerint (*Nadrainé és Varga, 1996*) óriási különbség van a következő két jelölés között: 1 Fe és 1 mol Fe. Éppen annyi, mint 3 alma és 3 kg alma között. Ezek után azonban az is kérdésessé válik, hogy a kémiai egyenletet hogyan értelmezhetjük, hisz ott nem szokás kiírni a mol mértékegységet, pedig a reakció nem néhány, hanem több mol részecske között megy végbe. Ugyanígy vitát vált ki az a kérdés, hogy milyen anyagi rendszernek lehet megadni az anyagmennyiségét. Igaz ugyan, hogy a definíció meghatározza, hogy milyen részecskék esetén lehet alkalmazni, de akkor nem beszélhetünk 1 mol kémiai reakcióról sem. Ezt követően pedig a bátrabbak és a filozofikus alkatúak bármilyen rendszer anyagmennyiségét meg tudják mondani, melyben az elemek (a halmaz elemei) megszámlálhatók. Az más kérdés, hogy sokszor ennek nincs sok értelme.
7. Végezetül azt a tényt is fel kell sorolnunk az okok között, hogy az anyagmennyiség szónak a magyar nyelvben van általános jelentése („az anyag mennyisége”), mely megnehezíti pontos használatát a kémiában.

Irodalom

Abraham, M. R. és mtsai (1992): Understandings and Misunderstandings of Eighth Graders of Five Chemistry Concepts Found in Textbooks. *Journal of Research in Science Teaching* 29 (2), 105-120.

Cervellati, R. és mtsai (1982): Investigation of Secondary School Students' Understanding of the Mole Concept in Italy. *Journal of Chemical Education*, 59 (10), 852-856.

Korom E. (2005): Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.

Nelson, P. G. (1991): The elusive mole. *Education in Chemistry*, 28 (4), 103-104.

Riedel, M. (1990): A fizikai-kémiai definíciók és jelölések, Tankönyvkiadó, Budapest.

Riedel, M. (2004): XXI. Kémia tanári Konferencia, Előadásösszefoglalók, 81.

Staver, J. R. and Lumpe, A. T. (1993): A Content Analysis of the Presentation of the Mole Concept in Chemistry Textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (4), 321-337.

Strömdahl, H. és mtsai (1994): The qualitatively different conceptions of 1 mol. *International Journal of Science Education*, 16 (1), 17-26.

Tóth Z. (2002): A kémiai fogalmak természete. *Iskolakultúra*, 12. évfolyam, 4. szám, 92-95.

Tóth Z. és Kiss E. (2004): Középiskolai tanulók feladatmegoldó stratégiái egyszerű sztöchiometriai problémákra. *A Kémia Tanítása*, 12. évfolyam, 1. szám, 7-11.

Az elemzésbe bevont tankönyvek:

Dr. Boksa Zoltán, Dr. Török Ferenc, Pintér Imréné, Dr. Balázs Lórántné: Kémia I. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1994

Kecskés Andrásné, Rozgonyi Jánosné: Kémia 7. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1997

Nadrainé H. K., Varga Imréné: Kémia I. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1996

Dr. Siposné dr. Kedves Éva, Péntek Lászlóné, Horváth Balázs: Kémia 7. Kémiai alapismeretek. Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged, 1998.

Dr. Siposné dr. Kedves Éva, Péntek Lászlóné, Horváth Balázs: Kémia 9. Általános kémiai ismeretek. Mozaik Kiadó, Szeged, 2001

Z. Orbán Erzsébet: Kémia I. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1996

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

NAPRAKÉSZ



Dr. Kovácsné Dr. Csányi Csilla

Mi lesz veled kémia?

Naponta jelennek meg cikkek a globális felmelegedésről. Államférfiak beszélnek a környezeti katasztrófa veszélyéről. A gyógyítás, a technika új és új lehetőségeket tár fel. Mindezek megértéséhez nélkülözhetetlenek a természettudományos ismeretek és ezen belül a kémia. Napjaink minden percében használjuk a kémiatudomány eredményeit. Saját szervezetünkben minden pillanatban kémiai folyamatok zajlanak. Vajon a kémiai műveltség jelenlegi elfogadottsága szinkronban áll a kémia jelentőségével?

Vezető beosztású emberek is büszkélkednek vele, hogy a kémiát sosem értették. Mintha ez dicsőség lenne. A diákok is gyakran vitatják a kémiai műveltség szükségességét. A tv-ben heteken keresztül láthatók a minimális kémiai ismeretek hiányát tükröző reklámok, és adásba kerülnek kémiai tudatlanságot tükröző interjúk. Az új NAT-tal a korábbihoz képest is jelentősen csökkent a kémia óraszám. Az általános iskolában 7. és 8. osztályban heti 1,5-1,5 kémia óra maradt (lehet ennél kevesebb is). Gimnáziumokban ezt heti 1,5-2 kémia óra követi, de számos szakközépiskolában ezután csak heti 1-1 kémiaóra következik a 9. és 10. osztályban. A tananyag elosztásában arra törekedtek a tantervalkotók, hogy a négy

(kémiát tanító) tanév során lehetőleg ne ismétlődjenek meg nagy fejezetek. A szerves kémia például csak a 8. osztályban tanulják a gyerekek. Természetesen a szerves kémia – hiába nem tanítja az érettségire felkészítő középiskolai tanár - része az érettségi követelményeknek. (Nehéz is lenne a kémia érettségi szerves kémia nélkül elképzelni!) A kémiatantervben, - amint ezt a szerves kémia elhelyezése is bizonyítja, - az eredeti 6+6 osztályos iskolaszervezetre épülő tananyagszerkezet alakult ki és ezt 8+4-es iskolaszervezetben kell megvalósítani. A kialakult elfogadhatatlan helyzeten évek óta nem történik változtatás. Ez utóbbinak még további nehezítő tényezői is vannak. Pl. az általános iskolák és a középiskolák szaktanácsadása is teljesen más intézményekhez kapcsolódik. Az általános és középiskolai tanárok kooperációjának erősítése helyett szétválasztásuk történik, pedig a jelenlegi kémiatanterv együttműködést igényelne.

A kémiatanárok többségét a jelenleginél lényegesen részletesebb tananyagra, a jelenleginél nagyobb kémia óraszámra készítették fel az egyetemeken, főiskolákon. Többségük az új körülmények között is igyekszik maximumot nyújtani, a drasztikus óraszámcsökkentésre nem lettek átképezve, felkészítve. Minden iskolának el kellett készítenie pedagógiai programját és helyi tantervét, de a tantervkészítést sem tanították a felsőbb iskolák. Bár a helyi tanterveket ellenőrizték (?), a tanárok többsége ma is a hagyományos módszerekkel és a tankönyvből tanít. A tankönyvet tekinti mértékadónak. A heti 1 órás kémiára pedig nemigen készültek tankönyvek. Ezért nem lehet csodálkozni azon, hogy előfordul pl. 9. osztályban, hogy a diákok megtanulják az atomszerkezetet a kvantumszámokkal együtt. Másra a heti 1 órában nem is igen marad idő. Ez a tananyag nagyon logikus, de valóban erre van szükség? Csoda-e, hogy a tanuló alig várja az óra végét? Érdektelenné válik, unatkozik. Az elméleti kémia nem érdekli. A hiba nem az atomszerkezetben van, mert számos tanulás-centrikus iskolában viszont igen eredményesen tanítják. A tanárokat ennek megtanítására felkészítették az egyetemeken. A világ

„működéséről” azonban kevés érettségizett diákban alakul ki elképzelés. A mai kor ideális állampolgárának, a dönteni képes felelős embernek erre lenne a legnagyobb szüksége.

A tanárok munkájának szakember általi ellenőrzésére egyáltalán nincs anyagi fedezet. Minőségbiztosítással a legtöbb iskola rendelkezik, de ebbe mintha nem tartozna bele az, hogy hogyan tanítanak a tanárok.

A helyi tanterv teljesítésének ellenőrzésére is ritkán kerül sor. A pedagógusok munkáját az igazgatóság ellenőrzi. Szakmai értékelés csak kivételes esetben történik. Az ellenőrzés alapja ma is gyakran a tankönyv, a tanórai fegyelem megléte és az a tény, hogy mennyi a bukottak száma. Fontos lenne ellenőrizni azt, hogy értelmes munka folyik-e az órákon. Korlátozott mennyiségű elméleti alappal is elérhető a természettudományos műveltség. Erre minden állampolgárnak szüksége van.

Világraszóló magyar eredmények születnek a természettudományos tantárgyak nemzetközi versenyein, de ezek a legjobb iskolákban is csak néhány tanulót érintenek. A többség nem szerzi meg az érettségiig a kémiai műveltséget.

Feltétlenül szükség lenne a pedagógusok munkájának tantárgyi szakértő által végzett időszakonkénti ellenőrzésére, értékelésére és ennek alapján, szükség esetén, kötelező tovább képzés elvégeztetésére.

Kétségtelen, hogy a kémia sajátos jelrendszere miatt, nem tartozik a könnyen megérthető tantárgyak közé. A tanulás munkát igényel. Ennek a munkaszeretetnek mintha csökkenne a becsülete. Egy csapásra könnyűvé válhat a kémia, ha az alapfogalmakat megértjük, a szabályokat betartjuk. A tanártól a módszerek helyes megválasztása nagy körültekintést igényel. Az elméleti vonatkozások csak figyelmes tanulóknak taníthatók meg. A fegyelem feltétele a változatosság. Sajátja-e a tanároknak a módszertani változatosságot biztosító repertoár?

Tudatosan szervezni kell - egy órán belül is – az erősen koncentráció és a lazító szakaszokat. Az érdeklődés felkeltését is előre kell

tervezni. A hatékonyság növelésére a kooperatív módszereket is alkalmazni lehet. A modern módszerek egyike sem teljesen új, csak megfeledkeztünk róluk. Régen is voltak tanuló párok, készítették kiselőadásokat, tablót a diákok. Ma kooperatív módszereket, projekteket emlegetnénk. Akárhogy is nevezzük ezeket, ma a középiskolai tanárok zömében előadnak az órán. Nem ritka a diktálás sem. Nemigen lehet megingatni a kollégát abban a meggyőződésében, hogy csak így van az órán fegyelem és csak így képes a tananyagot elsajátítani a diák. A tankönyv gyakran csak a tanárnak mérvadó, mert a diákok egyáltalán nem használják. Azt a vázlatot tanulják meg, amit a tanár az órán lediktál. A diák is elégedett ezzel a módszerrel, mert a lehető legkisebb energia-befektetéssel eredményes lehet. Az olvasást még a tankönyvből sem kell gyakorolnia. A lényegkiemelő képesség kialakítására nincs is szükség. Nem is szeretnek olvasni a tanulók. Pedig az olvasáskészség, a szövegértés fejlesztése a természettudományos tanároknak is kötelessége. Nem beszélve arról, ha élethosszig tartó tanulást várunk el a felnövő nemzedéktől. Jó olvasáskészség nélkül képes lesz-e erre?

Értékeli-e valaki a tanárok munkájában az alkotó munkát? Még mindig leginkább a diák. Nemigen sorolják fel a jutalmazási szempontok közt azt, hogy az illető milyen eredményesen tanít. Ez minden tanártól elvárható lenne. Sajnos még sincsen így. Ráadásul az önbecsülésen túl kevés olyan dolog van, ami egy tanárt arra ösztönöznék, hogy fejlessze módszertani kultúráját. Nehéz is felismerni, hogy valami sincsen rendben, talán én ezt nem jól csinálom. Egyes iskolákban a módszertani kultúra lebecsült dolog. A tanár szaktárgyi tudása jelenti a minőséget. Hogy ezt a szaktárgyi tudást át tudja-e valaki adni? Számít ez valamit? Fő, hogy a kolléga jól képzett. Nincs olyan személy, vagy csak kis eséllyel találkozunk vele, aki megmondja, hogy ezt te nem jól csinálod, helyedben én így csinálnám. Kooperációra akarjuk nevelni a gyerekeket, de mi magunk a tantestületen belül képesek vagyunk a kooperációra? Kialakultak azok az alkotó közösségek, amelyekben képesek a

kollégák egymás erényeinek és hibáinak sértődések nélküli megbeszélésére? Van ilyen, de ez az általános? Ennek kellene jellemzőnek lennie!

Fontos elgondolkodni problémáinkon. Fontos feltárni a hibákat. Fontos felmérni a lehetőségeket. A munkarőpiaci igény vegyészekre, technikusokra egyre nagyobb. A nagy cégek jó kereseti lehetőségeket is biztosítanak, de ezért minőségi munkát várnak. A sok problémára mindaddig nem lesz megoldás, amíg az oktatásirányítás, illetve a pénzforrások elosztóinak szemlélete ebben a kérdésben alapvetően nem változik. A minőséget nem a leadott jelentések számával lehet mérni, hanem a sajátunkká vált tudással.

Egyetlen dologban biztosak lehetünk: kémiára, természettudományos műveltségre szükség van. Reménykedjünk benne, hogy ezt mások is észreveszik, nemcsak mi kémiatanárok.