A katalízisről színesen, érdekesen

A katalízis jelenségét mindkét I. gimnáziumi kémiakönyv (1, 2) „A reakciók sebessége" c. anyagrészben igen röviden, csupán egy-két kémiai átalakulásra hivatkozva tárgyalja. Tekintettel a téma nagy gyakorlati fontosságára, továbbá arra, hogy érdekes, színes, szép kísérletekkel tudjuk a megértést segíteni, azt javasoljuk, hogy legalább egy órát fordítsunk erre az anyagra. A katalízisről szóló óra felépítése a következő lehet.

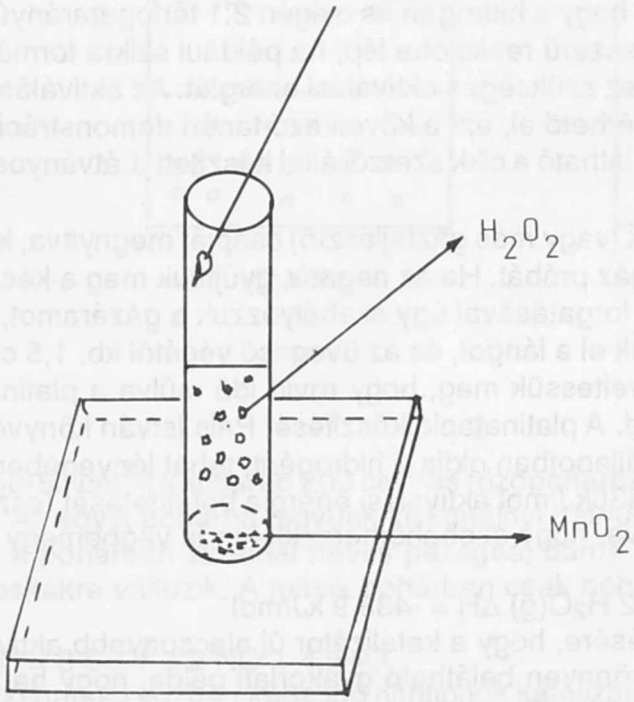
A motiválás, érdeklődésfelkeltés érdekében végeztessük el a következő két tanulókísérletet:

1. A tanulók csipeszbe fogott mokkacukrot tartsanak a borszeszégő lángjába (ha nincs borszeszégő, égő gyújtópálcát is használhatnak), megfigyelik, hogy a cukor megolvad, megbarnul, karamellizálódik, de nem gyullad meg. Egy másik cukor felületét egy-két csepp vízzel megnedvesítik és a cukrot cigarettahamuba vagy teafűbe mártják, majd a hamuval bevont cukrot a lángba tartják. A cukor rövid melegítés után meggyullad, lángolva elég.

Következtetés: a cukor közönséges körülmények között nem gyullad meg, de a hamuban, teafűben valami olyan anyag van, ami elősegíti a cukor égését.

2. A második tanulókísérletet szintén páronként vagy három-négy fős csoportokban végezhetik a tanulók. Néhány csepp, illetve pár milligramm vegyszerrel közelről nézve tanulmányozhatják a hidrogén-peroxid katalitikus bomlását.

Egy nagyobb méretű gyógyszertabletta üres fóliacsomagolójába kis szemcseppentő üvegből kb. 15-20 csepp 10 tömeg%-os hidrogén-peroxidot csepegtetnek, majd a fólia bemélyedésének megfelelő átmérőjű, 3-4 cm hosszú üvegcsövet állítanak fel, amely a gáz megfelelő irányba történő terelését szolgálja. A cső végéhez parázsló gyufát vagy gyújtópálcát tartanak, változást nem észlelnek, mert a hidrogén-peroxid bomlása lassú. Ha azonban egy pici barnakőport (mangán-dioxidot) szórnak a hidrogén-peroxidba, akkor heves pezsgést észlelnek, 10-20 másodperc múlva a cső végéhez tartott izzó gyújtópálca lángralobban (lásd 1. ábra).



1. ábra

Tehát a kísérletből levonhatjuk azt a következtetést, hogy a mangán-dioxid meggyorsítja a hidrogén-peroxid bomlását, felírjuk a reakcióegyenletet:

$$2H_2O_2 \xrightarrow{MnO_2} 2H_2O+O_2$$

Biológiatagozatos osztályban érdekes lehet azt is bemutatni, hogy a vérben lévő kataláz nevű enzim is meggyorsítja a hidrogén-peroxid bomlását. Ha 1-2 cm^3 szén-diszulfidot öntünk a 3-4 cm^3 állatvérhez, akkor a gyorsító hatás elmarad, mert a szénkéneg katalizátorméreg.

Ezután megfogalmazhatjuk a tankönyvekben lévő definíciót, mely szerint a megfelelő katalizátor meggyorsítja a kémiai átalakulást anélkül, hogy a folyamat következtében maradandóan megváltozna. Azt megfigyelhették a tanulók, hogy a barnakőpor katalizátor hatására a hidrogén-peroxid bomlása felgyorsul, de az eddigi kísérletek azt nem mutatják meggyőzően, hogy a katalizátor a reakcióban nem változik meg maradandóan. Ennek szemléltetésére javasoljuk a következő tanári demonstrációs kísérletet.

3. A kísérletet a következőképpen végezhetjük el: óra előtt készítsünk oldatot úgy, hogy 12 g kálium-nátrium-tartarátot (Seignette só) feloldunk 150 cm^3 desztillált vízben.

Másik főzőpohárban 10 cm^3 30 tömeg%-os hidrogén-peroxidot hígítsunk fel 50 cm^3-re.

A harmadik kis pohárban oldjunk fel 0,5 g kobalt(II)-kloridot 10 cm^3 desztillált vízben.

Melegítsük fel a tartarát- és a hidrogén-peroxid-oldatot 60-70° C-ra, majd öntsük össze a két oldatot, változást nem tapasztalunk. Öntsük az oldatelegyhez a kobalt-klorid-oldatot, figyeltessük meg, hogy a rózsaszín oldat sötétedni kezd, szürkésbarnás átmeneten keresztül olajzöld színű lesz az oldat és igen heves pezsgés indul meg. Egy-két perc múlva a pezsgés hevessége csökken, majd teljesen megszűnik, és az oldat színe az előbbi színátmeneteken keresztül visszaváltozik rózsaszínre. (2. ábra)

Vagyis a kísérlet meggyőzően szemlélteti, hogy a katalizátor részt vesz a folyamatban, de a reakció után változatlan formában visszamarad. A hidrogén-peroxid hatására a Co^{2+}-ionok Co^{3+}ionokká oxidálódnak, és ezek a tartarátionokkal zöld színű komplexionokat képeznek, amelyek katalizálják a hidrogén-peroxid bomlását.

A katalizátorok gyakran úgy fejtik ki gyorsító hatásukat, hogy csökkentik az aktiválási energiát. Közismert, hogy a hidrogén és oxigén 2:1 térfogatarányú keveréke, a durranógáz heves, robbanásszerű reakcióba lép, ha például szikra formájában biztosítjuk a reakció megindulásához szükséges aktiválási energiát. Az aktiválási energia csökkentése platinakatalizátorral érhető el, ezt a következő tanári demonstrációs kísérlettel szemléltethetjük. (A kísérlet látható a cikk szerzői által készített „Látványos kémiai kísérletek I."c. videokazettán.)

4. A Kipp-készülék (vagy más gázfejlesztő) csapját megnyitva, kb. 30 másodperc után végezzünk durranógáz próbát. Ha az negatív, gyújtsuk meg a készülékből kiáramló hidrogént, majd a csap forgatásával úgy szabályozzuk a gázáramot, hogy a láng 1,5-2 cm hosszú legyen. Fújjuk el a lángot, és az üvegcső végétől kb. 1,5 cm-re tartsuk a platinataplót. (3. ábra) Figyeltessük meg, hogy rövid idő múlva a platina izzani kezd, majd a hidrogén meggyullad. A platinatapló készítését Pais István könyvében (3) olvashatjuk.

A platina atomos állapotban oldja a hidrogént, tehát lényegében a

$H_2(g)=2H(g)$ $\Delta H=436 kJ/mol$ aktiválási energia befektetését teszi szükségtelenné, ezzel azt eredményezve, hogy szobahőmérsékleten is végbemegy a hidrogén és oxigén egyesülése:

$$2\,H_2(g) + O_2(g) = 2\,H_2O(g) \quad \Delta H = -483{,}9\ kJ/mol$$

Annak szemléltetésére, hogy a katalizátor új,alacsonyabb aktiválási energiát igénylő utat tesz lehetővé, könnyen belátható gyakorlati példa, hogy ha az alagúton keresztül megy a kerékpáros, akkor kevesebb energiát használ fel és gyorsabban átér, mintha a lejtőn fel- és lehajtva jut át a hegy túloldalára. (4. ábra)

A katalizátor gyakran a víz. Annak szemléltetésére, hogy két szilárd anyag igen heves reakcióba léphet egymással néhány csepp víz hatására, a következő két tanári demonstrációs kísérlet közül bármelyiket választhatjuk. (4)

5. Keverjünk össze 4 g cinkport 4 g ammónium-nitráttal és 0,5 g ammónium-kloriddal. (Az ammónium-nitrát higroszkópos, ezért a lemért mennyiséget jól záró edényben tartsuk a kísérlet bemutatásáig!) A porcelántálban homogenizált keveréket szórjuk azbesztlapra, formázzunk belőle kis kupacot, melynek közepébe cseppentsünk 3-4 csepp vizet. (A kezünket azonnal vegyük el .)Mintegy 10 másodperc múlva igen heves reakció kezdődik, szikrázva, füstölve, fényjelenség kíséretében reagál a két anyag. Csak a reakció megindításához kell néhány csepp víz, mert a folyamat során az egyik képződő vegyület is víz:

$Zn(sz)+NH_4NO_3(sz) = N_2(g)+ZnO(sz)+2\ H_2O(g)\Delta\ rH = -466{,}5\ kJ/mol$

(Figyelem! A kísérletet fülke alatt vagy nyitott ablak közelében végezzük!)

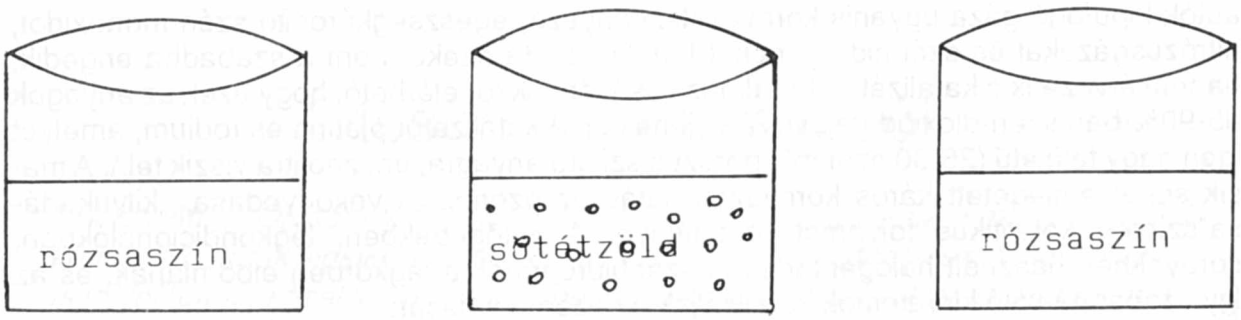
6. Az elemi jód és az alumínium reakció is néhány csepp víz katalizáló hatására indul meg. Porcelántálban keverjünk össze 0,5g porított jódot kb. azonos tömegű alumíniumporral. A keveréket szórjuk azbesztlap közepére. A kis halomba csináljunk bemélyedést, csöpögtessünk bele 3-4 csepp vizet. Rövid várakozás után lila jódgőzök szállnak fel, majd a két elem egyesülése hevesen, lánggal kísérve megy végbe:

$2\ Al + 3\ I_2 \rightarrow$ víz katalizátor $\rightarrow 2\ AlI_3$

Ha nincs jól szívó fülkénk, akkor a kísérletet úgy végezzük, hogy az azbesztlapot leborítjuk 1-2 dm2-es vizespohárral, így megakadályozzuk a jódgőzök kiáramlását.

Gyakran előfordul, hogy a kémiai reakcióban termelődik a katalizátor, ilyenkor autokatalízisről beszélünk. Ezekre a folyamatokra az jellemző, hogy lassan indulnak meg, majd a megfelelő mennyiségű katalizátor képződése után a rakció felgyorsul. Ennek szemléltetésére két kísérletet javasolunk.

7. Tömény salétromsavat hígítsunk desztillált vízzel kb. 4-szeres térfogatra, öntsünk



2. ábra

az így kapott oldatból 50-50 cm^3-t két darab 200 cm^3-es főzőpohárba, majd mindkettőbe szórjunk rézforgácsot. Az egyik pohárba tegyünk kiskanálnyi nátrium-nitritet. Figyeltessük meg, hogy ebben a pohárban azonnal heves pezsgés, barna színű gáz fejlődése látható, az oldat világoskékre változik. A másik pohárban csak néhány perccel később indul meg a reakció.

$3\ Cu + 2\ NO_3^- + 8\ H^+ = 3\ Cu^{+2} = 2\ NO + 4\ H_2O$

A salétromsav oxidáló hatása közben képződő nitritionok katalizálják a redoxireakciót.

Készítsünk oldatot 0,08 g kálium-permanganátból és 100 cm^3 desztillált vízből. A másik oldatot pedig úgy kapjuk, hogy 2,25 g kristályos oxálsavat feloldunk kb. 50 cm^3 desztillált vízben, adunk hozzá 3 cm^3 tömény kénsavat, majd 100 cm^3-re egészítjük ki az oldatot.

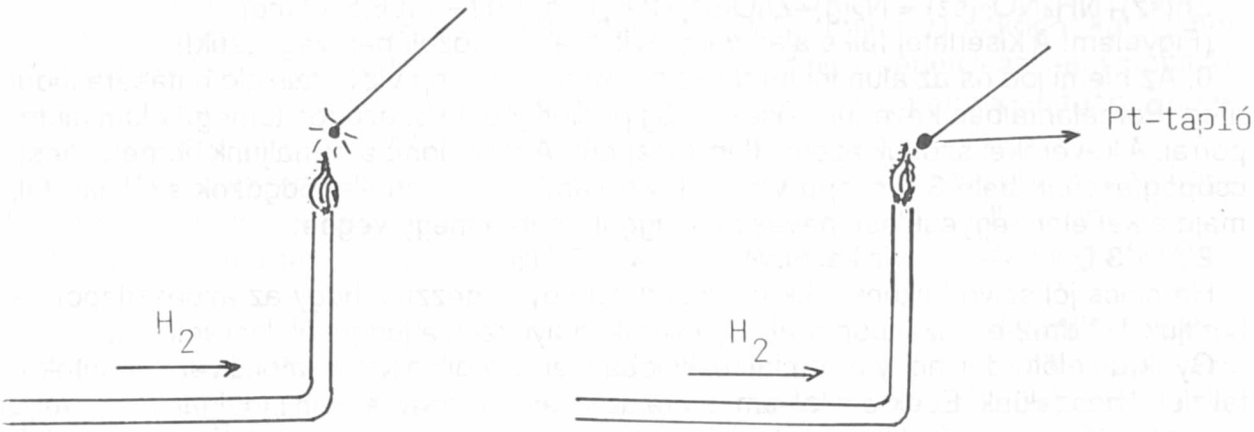
Öntsünk össze 50-50 cm^3-t a kétféle oldatból két pohárba, figyeltessük meg, hogy a lila oldat a vörösön, bordón, narancssárgán, sárgán át kb. 8-10 perc alatt színtelenedik el, míg ha kanálhegynyi mangán(II)-kloridot szórunk a második pohárba, ott a reakció 1-2 perc alatt végbemegy.

A változás reakcióegyenlete a következő:

$$2\ MnO_4^- + 5\ C_2H_2O_4 + 6\ H^+ = 2\ Mn^{2+} + 10\ CO_2 + 8\ H_2O$$

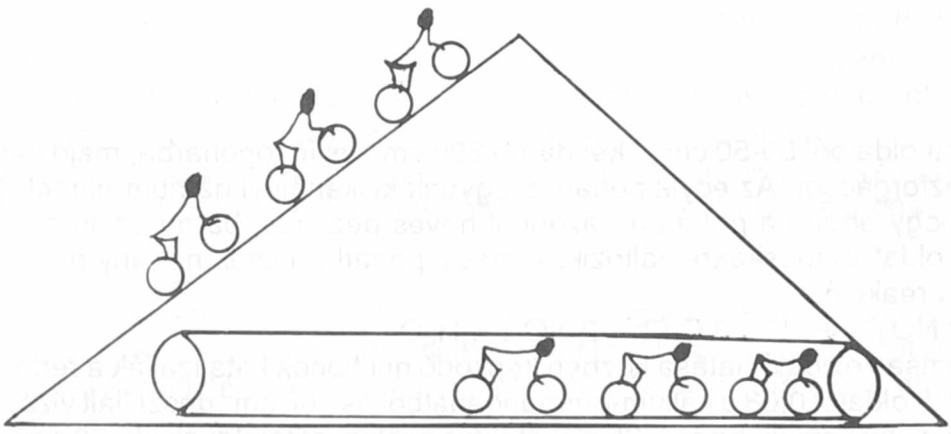
A folyamatban keletkező mangán(II)-ionok katalizálják a reakciót.

A vegyiparban a polietiléntől a műtrágyáig szinte minden termék katalizátorok felhasználásával készül. Az utóbbi időben igen gyakran hallunk a katalizátoros autókról is. Az



3. ábra

autók kipufogó gáza ugyanis környezetszennyező, egészségkárosító szén-monoxidot, nitrózusgázokat és szénhidrogéneket tartalmaz. Ha ezeket nem a szabadba engedik, hanem átvezetik a katalizátort tartalmazó csövön, akkor elérhető, hogy ezek az anyagok 85-90%-ban szén-dioxiddá és vízzé égjenek el. A katalizátor platina és ródium, amelyet igen nagy felületű (25-30 ezer m^2) porózus szilárd anyagra, ún. zeolitra viszik fel.\, A másik sokat emlegetett káros környezeti hatás az ózonpajzs vékonyodása, „kilyukadása"szintén katalitikus folyamat eredménye. A hűtőgépekben, légkondicionálókban, sprayekben használt halogéntartalmú szénhidrogének a légkörben elbomlanak, és az így szabaddá váló klóratomok katalizálják az ózon bomlását:



4. ábra

$O_3 + Cl = ClO + O_2$

$ClO + O = Cl + O_2$

Az elvékonyodó ózonréteg pedig nem szűri ki a napsugárzásból a káros ultraibolya sugarakat.

A szerves kémia tanításakor érdekes lehet azt is bemutatni, hogy az etil-alkoholból a katalizátor és a hőmérséklet megválasztásával többféle termék nyerhető:

$$C_2H_2OH \xrightarrow[Cu]{200^\circ} CH_3CHO + H_2 \text{ acetaldehid}$$

$$C_2H_5OH \xrightarrow[Al_2O_3]{350^\circ} C_2H_4 + H_2O \text{ etén}$$

$$C_2H_5OH \xrightarrow[ZnO,\ Al_2O_3]{400^\circ} 4CH_4 + 2\ CO + H_2O \text{ metán}$$

Az élő szervezetek katalizátorai az enzimek. Jellemzőjük a fajlagosság, vagyis egy enzim általában csak egy meghatározott reakciót katalizál. Ez a téma azonban már inkább a biológiaórán aktuális.

JEGYZET

(1) Boksay Zoltán és társai: Kémia a gimnázium I. osztálya számára (Tankönyvkiadó, Budapest, 1989.)

(2) Hobinka Ildikó: Kémia a gimnáziumok I. osztálya számára. Tankönyvkiadó, Budapest, 1989.

(3) Pais István: Kémiai előadási kísérletek. Tankönyvkiadó, Budapest, 1977.

(4) Rózsahegyi Márta – Wajand Judit: 575 kísérlet a kémia tanításához. Tankönyvkiadó, Budapest, 1991.)

A cikk a „Magyar Felsőoktatásért és Kutatásért Alapítvány támogatásával készült.

RÓZSAHEGYI MÁRTA – WAJAND JUDIT

Ötösöm lesz kémiából

Villányi Attila: Ötösöm lesz kémiából című kétkötetes munkája a magyar nyelvű kémiapéldatárak legsikeresebb darabja. Haszonnal forgathatja ezt a didaktikailag is jól felépített, közel kétezer kémiapéldát (elsősorban számítási feladatot) tartalmazó, szép kiállítású feladatgyűjteményt minden kémiatanár, tanulmányi versenyre, érettségi vagy felvételi vizsgára készülő diák, kémiát tanuló elsőéves egyetemi vagy főiskolai hallgató és kémiatanárnak készülő felsőbb éves egyetemista és főiskolás is.

A *Példatár* három fejezetre osztva tartalmazza a feladatokat. Az I. fejezet (Alapfogalmak) a gimnázium I. osztályában tanultakat mélyíti el az anyagmennyiségtől a gázokkal és oldatokkal, majd a kémiai átalakulásokkal kapcsolatos számításokon keresztül a kémiai egyensúlyokig. Sajnos reakciókinetikai számítások még alapszinten sem fordulnak elő a példatárban, pedig a helyes kémiai szemlélet kialakításának egyik fontos eleme a kémiai átalakulások egyensúlyi és kinetikai vonatkozásainak bemutatása. A II. fejezetben (Kémia középhaladóknak) kaptak helyet a szervetlen és szerves kémiai ismereteket is igénylő feladatok: a gázelegyekkel és gáztörvényekkel, a szerves vegyületek képletével, a keverékekkel és oldatokkal kapcsolatos számítások. Ebben a fejezetben találhatjuk meg az elektrokémiai és termokémiai feladatokat is. A III. fejezetben (A kémiai egyensúlyok) gyűjtötte össze a Szerző a homogén