



## Dürer Kémiaverseny 2015 – 2016 K kategória, Hagyományos forduló 2016. február 5.

### 1. feladat

**Tematikus bevezető:** A 2016-os Nyári Olimpiai Játékokok a világ legjobb sportolói mérik össze erejüket. A sportágak egy részében csak a sportolók emberi tulajdonságaiban vannak különbségek, azonban számos olyan verseny is van, ahol a felszerelés minősége is döntő lehet. Ilyen például a kajak-kenu és az evezés, ahol a hajónak könnyűnek, de vízben stabilnak kell lennie, vagy ilyenek a különböző ütővel játszott játékok, mint a tenisz és a tollaslabda. Ezen eszközök anyagainak tökéletesítéséhez az anyagtudomány nyújt segítséget, melynek egyik ága a polimerkémia. A következő feladatban a polimerek egy fizikai paraméterével, és annak mérésével ismerkedhettek meg:

A polipropilén és a polivinil-klorid - ismertebb nevükön PP és PVC - közismert műanyagok, alkalmazásuk széleskörű az iparban. Sok fizikai-kémiai tulajdonságuk közül a sűrűségnek nem tulajdonítanak túl nagy jelentőséget, pedig ez az egyik alapvető fizikai-kémiai tulajdonsága egy anyagnak. Hozzá kell tenni azonban, hogy az ipari felhasználás során a mechanikai tulajdonságok és a viszkozitás sokkal nagyobb jelentőségű az adott műanyag kiválasztásakor.

A polimerek sűrűségének meghatározásához viszonylag pontos mérési módszer a piknométeres sűrűségmérés. A piknométer egy egyszerű üvegeszköz, ami egy lombikszerű edényből, és egy belső kapillárisal rendelkező üvegekupakból áll. Ha egy folyadékot az edény nyakáig töltünk, majd beletesszük a kupakot, akkor a felesleges folyadék a kapillárison keresztül „feltör”, azaz távozik az edényből. Emellett a mérési módszer a tömegmérésen alapszik. Piknométeres sűrűségméréskor az első lépés a kupakkal ellátott eszköz tömegének ( $m_1$ ) lemérése. Szilárd polimerek esetén a következő lépésben adott mennyiségű polimer-granulátumot teszünk az edénybe, és kupakkal együtt ismét lemérjük a tömeget ( $m_2$ ), majd ismert sűrűségű folyadékkal töltjük tele a piknométert (azaz a folyadékszint a kapilláris felső szájánál található) és ismét tömeget mérünk ( $m_3$ ). Végül kiürítjük a piknométert, és csak az ismert sűrűségű folyadékkal teletöltjük és így is lemérjük a tömegét ( $m_4$ ). A kapott tömegekből és az ismert sűrűség segítségével meghatározható a polimer sűrűsége.

A fentebb említett két polimer esetén a használt folyadék etanol volt ( $\rho = 0,7902 \text{ g/cm}^3$ ). A tömegek lemérése során az alábbi eredményeket kaptuk grammban:

	PP	PVC
$m_1/\text{g}$	34,4115	30,5102
$m_2/\text{g}$	37,0201	34,7771
$m_3/\text{g}$	74,2134	71,2806
$m_4/\text{g}$	73,9469	69,7301

- Milyen képlet alapján számítható a polimerek sűrűsége?
- Mekkora a PP és a PVC sűrűsége? Melyik fog úszni a víz felszínén, és melyik fog lemerülni?



Bár kevesen tudják, de a polimereket fel is lehet oldani. Ilyen, polimereket tartalmazó oldatok például a festékek, a lakkok és a ragasztók is. A polimerek közötti valamint a polimer és az oldószer közti kölcsönhatást jellemzi az oldhatósági paraméter, melynek többféle meghatározási módszere ismert. Az egyik egy viszonylag egyszerűbb empirikus összefüggés, mely P. A. Small nevéhez köthető, aki a polimereken belül található ismétlődő egységekhez additív csoportjárulékot rendelt. Ezek összegzésével, illetve a sűrűség ismeretében mérés nélkül meghatározható az oldhatósági paraméter:

$$\delta = \frac{\rho}{M} \sum F_i \quad (1)$$

ahol  $\delta$  az oldhatósági paraméter,  $\rho$  a polimer sűrűsége,  $M$  az ismétlődő egység molekulatömege,  $F_i$  az egyes csoportjárulékok értéke. Néhány csoportjárulék értéke az alábbi táblázatban található:

Csoport	Járulék $[(J \cdot \text{cm}^3)^{1/2} / \text{mol}]$	Csoport	Járulék $[(J \cdot \text{cm}^3)^{1/2} / \text{mol}]$
-CH <sub>3</sub>	437,5	>C=	38,8
-CH <sub>2</sub> -	271,9	>CH-	57,2
=CH <sub>2</sub>	388,5	-Cl	552,0
-CH=	226,9	-C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> (fenil)	1502,7

- c) Mi az oldhatósági paraméter mértékegysége?
- d) Melyik polimer esetén lesz az oldhatósági paraméter értéke nagyobb? A választ számítással igazoljátok, ha nem sikerült a b) feladatrészen a sűrűség kiszámolása, akkor 0,950 g/cm<sup>3</sup>-es sűrűséggel számoljatok mindkét esetben!
- e) Egy gyárban mérésrel meghatározták a polisztirol (PS) oldhatósági paraméterét, amely 18 340-nek adódott SI mértékegységekkel, prefixumok nélkül kifejezve. Ez alapján mennyi PS a sűrűsége?
- f) Ugyanebben a gyárban polietilént (PE) is gyártanak. Két különböző módon előállított PE-re más-más oldhatósági paramétert mértek. Mi lehet ennek a magyarázata? Milyen kémiai magyarázattal lehet szolgálni arra, hogy eltérő a szóban forgó fizikai paraméterük?

## 2. feladat

**Tematikus bevezető:** Az olimpia helyszíne Rio de Janeiro Brazília egyik legnagyobb és leghíresebb városa. Azé a Brazíliáé, aminek összfelszínének 58 %-a esőerdő. Az esőerdőket szokták nevezni a Földünk tüdejének is, így nagyon fontos, hogy megőrizzük épségét. Erre törekszik a környezetvédelem és a vegyészek is, ugyanis számos kutatás igyekszik csökkenteni a környezet káros anyagokkal való terhelését, illetve a globális felmelegedést. Egyik ilyen kutatási irány az alternatív energiaforrások kutatása, melynek egy szeletével a tüzelőanyag-cellák és napelemek alkalmazásával foglalkozik a következő feladat:

A tüzelőanyag-cella egy nagyon hatékony galvánelem, de gyakorlati megvalósítása sajnos több akadályba ütközik. Működése elvben egyszerű, már a XIX. század elején felfedezték, mikor két



platinaelektrod segítségével vizet bontottak, majd azt tapasztalták, hogy az áram kikapcsolása után ellenkező áram kezd el folyni.

a) Írd le az így elkészített galvánelem cellareakcióját!

A folyamat során jól látható, hogy semmiféle káros termék nem keletkezik, mely igen előnyös. A probléma azonban az vele, hogy a könnyebbik felhasznált reagens tárolása elég komoly nehézségekbe ütközik, mivel meglehetősen robbanásveszélyes. Tegyük fel, hogy van egy kocsink, amibe egy tüzelőanyag-cellát tartalmazó hibrid motort szeretnénk rakni, ami képes ugyanakkora teljesítményt leadni, mint egy belsőégésű motor. Legyen ez az autó egy 122 lóerősnek (LE) megfelelő teljesítményű. (Egy LE-t tekintünk 735 W teljesítménynek.) A hibrid motor úgy van tervezve, hogy állandó 60-90 km/h közötti sebesség esetén csak a tüzelőanyag-cella segítségével megy. Ekkor a motor 1800-as fordulatszámon pörög, amikor is 30 LE-nek megfelelő teljesítményt ad le. A cellareakció elektromotoros ereje 1,227 V, ami jó közelítéssel megfelel a működő cellában lévő feszültségnek is.

b) A hétvégén a család el akar kocsikázni egy közeli falu éttermébe. Az étterem fél óra távolságra van (és utána haza is akarnak jönni!). A fenti paraméterek alapján mekkora térfogatú tartályra van szükség a kisebb moláris tömegű reagenshez, ha normál nyomású tartályt használunk, melyben 25,0 °C van?

c) Hány darab szabványos gázpalack kellene a kocsink meghajtásához, ha szintén 25 °C-os szabványos (50 l térfogatú és 200 bar töltési nyomású) palackokkal dolgozunk?

Azonban felvetődik a kérdés, hogy miért kellene tárolnunk ezt az anyagot, miért nem állítjuk elő helyben a kocsiban? Ehhez ugye alapul szolgál a már a feladat elején is említett vízbontás, melyhez valamilyen tiszta energiaforrás segítségével, pl. napelemmel teljesen környezetbarát módon lehetnénk képesek meghajtani a kocsinkat. Az étterembe egy szép nyári napon megyünk, így a Föld felszínén mérhető napsugárzás mértéke mintegy 1370 W/m<sup>2</sup>. Tekintsünk a jövőbe, a felhasznált napelemünk már 60 %-os hatásfokkal képes ezt a teljesítményt hasznosítani (a jelenleg használt napelemek ekkora hatásfokot nem igazán képesek elérni)!

d) A fent említett túrát mekkora felületű napelemmel lenne képes a család kivitelezni?

e) Sajnos ekkora napelemet képtelenség beszerezni autóra szerelhető változatban. Az autóra egy 3,40 m<sup>3</sup>-es napelemet szerelhetünk csak. Egy szabványos 50 l-es 200 bar-os, 25 °C-os gázpalack segítségével (és a napelemet használva) hányszor tudna elmenni a család az étterembe úgy, hogy utána haza is tudnak menni a kocsival?

### 3. feladat

**Tematikus bevezető:** A nyári olimpia helyszínén 2016 elején egy súlyos egészségügyi probléma, a Zika vírus megjelenése nagy riadalmat keltett. Ahhoz, hogy az újszülöttekre veszélyes vírust megállítsuk, gyógyszerekre van szükségünk. A gyógyszerek előállításának két útja lehetséges: biológiai rendszerekben vagy szintetikus úton. Utóbbi módszerhez a szerves szintetikus vegyészek munkájára van szükség. A következő feladatban néhány szerves kémiai reakcióval ismerkedhettek meg, melyek bonyolult molekulák szintézisének is felhasználhatóak:



Az **A** vegyület százalékos elemösszetétele a következő: 64,86 % C, 13,51 % H és a maradék pedig oxigén. **A**-t oxidálva **B**-vé egyértékű karbonsavat kapunk 88,10 g/mol-os moláris tömeggel. **B** elemösszetétele a következő: 54,53 % C és 9,15 % H. **A**-t tömény kénsavval főzve a keletkező termékek egyike **C** egy telítetlen szénhidrogén. **C** hidrogén-jodiddal addíciós reakcióba lép (1:1 arányban), a keletkező **D** jodidot lúgban hidrolizálva **E** alkoholt kapjuk, mely a kiindulási **A** vegyület izomere.

- a) Határozzátok meg az **A-E** vegyületek szerkezetét, illetve nevezzétek el a vegyületeket!

Az **A-E** vegyületekre több megoldás adódik. Melyikre gondolhatott a szerző, ha segítségül a következőket is megadta:

**X** egy alifás szénhidrogén, melyet bázis jelenlétében formaldehiddel kezelve egy telítetlen vegyületet kapunk (**Y**), amelynek 1 molja 2 mol  $H_2$  gáz segítségével **A** vegyületté alakítható. Az **X** és a formaldehid között lejátszódó reakció során a bázis deprotonálja **X**-et, majd az így keletkezett anion "támadja meg" a formaldehid szénatomját, minek következtében a C-O kettős kötés egyszeres kötéssé alakul, a negatív töltés pedig az oxigénatomra kerül. Ez az oxigénatom "szerez" magának egy protont, például a protonált bázistól. Így kapjuk a **Z** vegyületet, mely azonban gyorsan átalakul **Y**-ná. **Y** pedig egy  $\alpha$ - $\beta$ -telítetlen aldehid.

- b) Határozzátok meg az **X-Z** vegyületek szerkezetét!
- c) Ezek alapján melyik **A** szerkezet megoldása a feladatnak?

#### 4. feladat

**Tematikus bevezető:** A Zika vírus mellett szintén kiemelt téma a braziliai olimpiával kapcsolatban a vizek szennyezettsége. Természetesen nemcsak a világ legjobb sportolói miatt fontos a vizek minél hatásosabb tisztítása, jelentősen javítani lehetne az ország egészségügyi helyzetén egy modern víztisztító rendszerrel. Ehhez részben kémiai, de inkább egészségügyi, mérnöki és gazdasági nehézségek leküzdése szükséges. A következő feladatban az egyik legrégebb fertőtlenítőszer a jód-tinktúra "hatóanyagának" az elemi jódnak vegyületeiből való képződését tanulmányozhatjátok:

A jód és az aceton között szubsztitúciós reakció megy végbe vizes közegben is. Szobahőmérsékleten a jód-aceton mellett nem keletkezik többszörösen szubsztituált termék. Mivel a jód szilárd anyag, nem lehet lassan adagolni, más oldószert pedig nem szeretnénk a reakcióelegybe bevinni. Általánosan használt módszer viszont a jód "in situ" generálása, azaz mikor a reakcióedényben keletkezik a jód. Erre alkalmas a jodid és jodát közötti reakció savas közegben.

50,00 cm<sup>3</sup> 0,030 mol/dm<sup>3</sup>-es KI oldathoz (amely feleslegben kénsavat és acetont tartalmaz) részletekben 14,90 cm<sup>3</sup> 0,050 mol/dm<sup>3</sup>-es KIO<sub>3</sub> oldatot adunk.

- a) Mekkora lesz a jodidion és a jód-aceton koncentrációja?
- b) Hány cm<sup>3</sup> KIO<sub>3</sub> oldat kellene, hogy a jodidion teljesen eltűnjön az oldatból?



## 5. feladat

10,0 g világoskék színű **A** anyagot feloldottunk 12,0 cm<sup>3</sup> forró vízben és világoskék színű oldatot kaptunk. Hozzáadtunk egy tömény oldatból (**B**) egy keveset és világoskék csapadék kiválását észleltük. További **B** hozzáadására a csapadék mélykék színnel feloldódott. Erre a mélykék oldatra rétegeztünk kevés 50,0 %-os etanolt, majd óvatosan 15,0 cm<sup>3</sup> 96,0 %-os etanolt adtunk a rendszerhez, hogy minél lassabban keveredjenek. Másnapra sötétkék tű alakú kristályok váltak ki. A kristályokat üvegszűrőn mostuk jéghideg vízzel, majd szárítottuk. Így 7,32 g kristályos anyagot kaptunk (**C**), mely zárt üvegben, szobahőmérsékleten állva 1 óra alatt nem veszített tömegéből, bár erősen érezni lehetett rajta a **B** vegyület szagát.

5,00 g-ot hevítéses vizsgálatnak vetettünk alá. 90 °C-ra hevítve nem tapasztaltunk jelentős tömegvesztést, 4,98 g-ot mértünk. 160 °C-ra hevítve már jelentős tömegvesztést tapasztaltunk, 3,86 g zöldes színű por marad vissza (**D**). 285 °C-ra hevítve a szín halványul, és 3,51 g anyagot mérünk (**E**). (A szerkezet megállapítása után kijelenthető, hogy utóbbi két tömeg (**D** és **E**) némileg alacsonyabb, mint az elméletileg várt érték.) Végül 370 °C-ra hevítve az anyag kiféheredik, a tömege 3,25 g lesz (**F**), és ez már nem változik 500 °C-ra hevítve sem.

Ebből a fehér anyagból (**F**) 3,00 g-ot feloldunk 6,00 g 80 °C-os vízben, és világoskék oldatot kapunk. Az oldatot 0 °C-ra hűtve 3,61 g világoskék kristály válik ki, melyről kémiai analízis során bebizonyítható, hogy egyezik az **A** vegyülettel. 200 mg **F** vegyületet vízben oldva, majd az oldathoz feleslegben BaCl<sub>2</sub>-oldatot adva 292,5 mg csapadék válik le (**G**). Ugyanezt elvégezve 200 mg **A** vegyülettel, 189 mg csapadék válik le.

- Milyen anyagokat jelölnek a betűk (**A-G**)?
- Mennyi az **A** illetve az **F** anyag oldhatósága 100 g vízben 0 °C-on?
- Hány százalékos termeléssel kaptuk meg a **C** anyagot? Írd fel a reakció egyenletét!
- A leírt hevítéses vizsgálat alapján hány szakaszra bontható a **C** anyag bomlása?
- Mi lehet annak az oka, hogy a **D** és **E** vegyületek esetén mért tömeg valamelyest eltér az elméletileg várt értéktől?
- Mivel magyarázható az, hogy a **C** anyagot vizes oldatából kristályos formában kapjuk meg az eljárás végén? Mi lehet az etanol szerepe?

## 6. feladat

A mellékelt cikk Mizsey Péter és Nagy Tibor műve, mely a Magyar Kémiai Folyóiratban jelent meg. Olvassátok el figyelmesen és foglaljátok össze a cikk tartalmát!

A cikk a Magyar Kémiai Folyóirat 120. évfolyam 1. számában jelent meg 2014-ben.

A megadott időpontban a kísérleti résszel együtt hallgatnak meg Titeket a felügyelők!

A feladatok során 4 értékes jeggyel számoljatok! A szükséges adatok a függvénytáblázatban megtalálhatóak! Mindegyik feladat részletesen indokolt megoldása 8 pontot ér. A feladatok megoldásához függvénytáblázat, számológép és íróeszközök használhatóak. Sikeres versenyzést kívánunk!