

Feladatok haladóknak

Alkotó szerkesztő: Magyarfalvi Gábor

Megoldások

H56. Mivel a lángot sárgára festik, ezért feltételezhető, hogy az **A** és a **B** vegyület is tartalmaz nátriumot. **C** valószínűleg BaSO_4 , mivel a többi Ba-csapadék 20%-os sósavban már feloldódik. Tehát **A** és **B** kéntartalmú anyagok. A eset: az egyik részletben található BaSO_4 anyagmennyisége: 1,983 mmol, a másik részletből készített 100 cm^3 törzsoldatban van 3,967 mmol H^+ -ion. Mivel a feladat szövege szerint **B** már nem tartalmaz hidrogént, kézenfekvő, hogy a H^+ -ionok az oldat vízmolekuláiból származnak, az oxigénatomok pedig a szulfátionokba épülnek be. Ez alapján: $1,983 \text{ mmol S} \rightarrow 3,967 \text{ mmol H}^+\text{-ion} \rightarrow 1,983 \text{ mmol H}_2\text{O molekula} \rightarrow 1,983 \text{ mmol O-atom}$, tehát 1 mol S-atomra 1 mol beépült O-atom jut.

Nátrium-szulfidot, aminek moláris tömege $M_B = 126,04 \text{ g/mol}$, feltételezve, **B** anyag tömegére $m_B = 2 \cdot 1,983 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 126,04 \text{ g/mol} = 0,500 \text{ g}$ jön ki. Ez alapján a **B** vegyület a nátrium-szulfit.

A hevítés során a kristályvíz távozik, a kristályvízes forma moláris tömege: $M_A = 126,04 \text{ g/mol} / 0,4999 = 252,15 \text{ g/mol}$, ez megfelel a $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O}$ -nak.

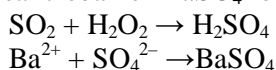
B eset: ekkor az egyik részletben a található BaSO_4 anyagmennyisége: 3,162 mmol, a másik részletből készített 100 cm^3 törzsoldatban van 15,812 mmol H^+ -ion. Hasonló gondolatmenettel: $15,812 \text{ mmol H}^+\text{-ion} \rightarrow 7,906 \text{ mmol H}_2\text{O molekula} \rightarrow 7,906 \text{ mmol O-atom}$, a 3,162 mmol szulfátionban van 12,648 mmol O-atom, B anyag anionjában tehát 3,162 mmol S-atomra jut $12,648 - 7,906 = 4,742 \text{ mmol O-atom}$, tehát az O-atomok és a S-atomok aránya körülbelül 1,5. Nátrium-tioszulfátot feltételezve, B anyag tömegére $m_B = 3,162 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 158,11 \text{ g/mol} = 0,500 \text{ g}$ jön ki. Tehát a B anyag a nátrium-tioszulfát. A hevítés során itt is a kristályvíz távozik, a kristályvízes forma moláris tömege:

$M_A = 158,11 \text{ g/mol} / 0,6371 = 248,18 \text{ g/mol}$, ez megfelel a $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$ -nak.

Sarka János (Debrecen, Tóth Árpád Gimnázium) megoldása alapján

Kramarics Áron

H57. A világos színű csapadék valamilyen szulfid volt. Ennek kéntartalma az égés során kén-dioxiddá alakult. Az utolsó reakcióban ez BaSO_4 formájában vált le:



A csapadék anyagmennyisége $1,4 / (137,3 + 96) = 6 \text{ mmol}$. A szulfid fémtartalma $864 - 6 \cdot 32 = 672 \text{ mg}$. Ha összegképlete Me_2S_x , akkor a fém-kén tömegarányra fölírható egyenlet:

$$2 \cdot A_r / 32x = 672 / 6 \cdot 32 = 3,5$$

Innen $A_r = 56x$. Lehetséges értékek:

$x=1$, $A_r = 56$, Fe, de ez nem 1 vegyértékű.

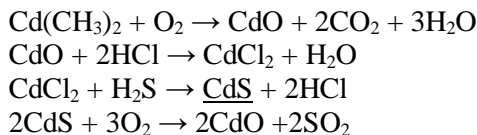
$x=2$, $A_r = 112$, Cd, ez megfelelő.

A kiindulási vegyületünk tehát kadmiumot tartalmazott, méghozzá $672 \text{ mmol} / 112 \text{ g/mol} = 6 \text{ mmol}$ mennyiségben. A szén-dioxid anyagmennyisége $0,528 / 44 = 0,012 \text{ mol}$, a vízé $0,324 / 18 = 0,018 \text{ mol}$. A kadmium, szén, és hidrogén össztömege:

$0,006 \cdot 112 + 0,012 \cdot 12 + 2 \cdot 0,018 \cdot 1 = 0,852 \text{ g}$. A vegyület tehát szenet, hidrogént és kadmiumot tartalmazott, 2:6:1 mólarányban.

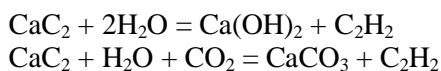
Összegképlet: **$\text{Cd}(\text{CH}_3)_2$, dimetil-kadmium.**

Az egyenletek:

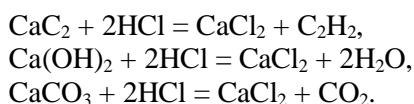


Komáromy Dávid

H58. A CaC_2 a következő reakciókba léphetett a pince nedves, szén-dioxidos levegőjével:



Legyen $0,7252 \text{ g}$ -os mintában $a \text{ mmol CaC}_2$, $b \text{ mmol Ca}(\text{OH})_2$ és $c \text{ mmol CaCO}_3$. Az első mintát sósavban oldjuk:



Sajnos a feladat szövegébe hiba csúszott, de ez a megoldók többségét nem zavarta. A szöveg helyesen: $10,76 \text{ cm}^3$ mérőoldat fogyás után kiforraljuk az oldatot, majd lehűtjük, és színátcsapásig titráljuk, a végpont eléréséhez ekkor még $0,45 \text{ cm}^3$ mérőoldat kell. Tehát összesen $11,21 \text{ cm}^3$ NaOH-mérőoldat fogyott. (Megj.: azokat a megoldásokat is teljes értékkel fogadtam el, amelyek a feladatot kémiaiilag végiggondolva, azt mondták, hogy $0,45 \text{ cm}^3$ -rel kevesebb NaOH-oldat kell a végpontig, azaz $10,31 \text{ cm}^3$.)

A $0,3225 \text{ g}$ -os mintában az összes kalcium mennyisége:

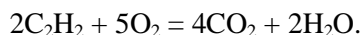
$(100,0 \cdot 0,1 \cdot 0,985 - 11,20 \cdot 0,978 \cdot 0,1) / 2 \text{ mmol} = 4,3773 \text{ mmol}$. Ez a másik mintában $9,8432 \text{ mmol}$. Ez alapján a következő egyenletet írhatjuk fel:

$$9,8432 = a + b + c. \quad (1)$$

A másik minta savas oldásából keletkező gáz mennyiségét az ideális gázok állapotegyenletéből számolhatjuk: $224,0 \text{ cm}^3 \cdot 101,325 \text{ kPa} / 8,314 \text{ J} / (\text{mol K}) / 298,15 \text{ K} = 9,1563 \text{ mmol}$, ebből a felírhatjuk a második egyenletet:

$$9,1563 = a + c. \quad (2)$$

A keletkező gázelegy égetése során csak az acetilén ég el:



A gázmosó rendszer megköti a gázelegyben lévő szén-dioxidot és vizet is ($M(\text{CO}_2) = 44,01 \text{ g/mol}$; $M(\text{H}_2\text{O}) = 18,02 \text{ g/mol}$). Ez alapján írhatjuk fel a harmadik egyenletet:

$$44,01(2a+c) + 18,02a = 845,4. \quad (3)$$

Az (1), (2) és (3) egyenlet megoldásával kapjuk a következő eredményeket:

CaC_2	$a = 7,1325 \text{ mmol}$, azaz $457,2 \text{ mg}$,	$63,04 \text{ (m/m)\%}$,
Ca(OH)_2	$b = 0,6869 \text{ mmol}$, azaz $50,90 \text{ mg}$,	$7,02 \text{ (m/m)\%}$,
CaCO_3	$c = 2,0238 \text{ mmol}$, azaz $202,5 \text{ mg}$,	$27,93 \text{ (m/m)\%}$,
Inert szennyező		$2,01 \text{ (m/m)\%}$.

A feladatra sok hibátlan megoldás érkezett, a pontátlag $89,7\%$ -os.

Varga Szilárd

H59. Kezdetben az elektródpotenciál:

$$\varepsilon_0 = \varepsilon^0 + \frac{0,059 \text{ V}}{1} \lg \frac{[\text{Fe}^{3+}]_0}{[\text{Fe}^{2+}]_0}$$

A komplex-képződés során az összes Fe^{2+} ion kvantitatíven $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ ionná alakul, így felírhatjuk, hogy: $[\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}] = [\text{Fe}^{2+}]_0$, hasonlóan $[\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}] = [\text{Fe}^{3+}]_0$. A stabilitási állandók alapján a szabad Fe^{2+} illetve Fe^{3+} koncentrációk:

$$\beta(\text{II}) = \frac{[\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}]}{[\text{Fe}^{2+}] \cdot [\text{CN}^-]^6} \Rightarrow [\text{Fe}^{2+}] = \frac{[\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}]}{\beta(\text{II}) \cdot [\text{CN}^-]^6} = \frac{[\text{Fe}^{2+}]_0}{\beta(\text{II}) \cdot [\text{CN}^-]^6}$$

$$\beta(\text{III}) = \frac{[\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}]}{[\text{Fe}^{3+}] \cdot [\text{CN}^-]^6} \Rightarrow [\text{Fe}^{3+}] = \frac{[\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}]}{\beta(\text{III}) \cdot [\text{CN}^-]^6} = \frac{[\text{Fe}^{3+}]_0}{\beta(\text{III}) \cdot [\text{CN}^-]^6}$$

A Nernst-egyenlet alapján a potenciál a KCN hozzáadása után (a $[\text{CN}^-]$ kiesik!):

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \varepsilon^\circ + \frac{0,059 \text{ V}}{1} \lg \frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]} = \varepsilon^\circ + 0,059 \text{ V} \cdot \lg \left(\frac{[\text{Fe}^{3+}]_0}{\beta(\text{III}) \cdot [\text{CN}^-]^6} \cdot \frac{\beta(\text{II}) \cdot [\text{CN}^-]^6}{[\text{Fe}^{2+}]_0} \right) = \\ &= \varepsilon^\circ + 0,059 \text{ V} \cdot \lg \left(\frac{[\text{Fe}^{3+}]_0}{[\text{Fe}^{2+}]_0} \cdot \frac{\beta(\text{II})}{\beta(\text{III})} \right) = \varepsilon^\circ + 0,059 \text{ V} \cdot \lg \frac{[\text{Fe}^{3+}]_0}{[\text{Fe}^{2+}]_0} + 0,059 \text{ V} \cdot \lg \frac{\beta(\text{II})}{\beta(\text{III})}\end{aligned}$$

Ebből az elektródpotenciál megváltozása:

$$\begin{aligned}\Delta\varepsilon = \varepsilon - \varepsilon_0 &= \left(\varepsilon^\circ + 0,059 \text{ V} \cdot \lg \frac{[\text{Fe}^{3+}]_0}{[\text{Fe}^{2+}]_0} + 0,059 \text{ V} \cdot \lg \frac{\beta(\text{II})}{\beta(\text{III})} \right) - \\ &- \left(\varepsilon^\circ + 0,059 \text{ V} \cdot \lg \frac{[\text{Fe}^{3+}]_0}{[\text{Fe}^{2+}]_0} \right) = 0,059 \text{ V} \cdot \lg \frac{\beta(\text{II})}{\beta(\text{III})} = 0,059 \text{ V} \cdot \lg \frac{10^{24}}{10^{31}} = -0,413 \text{ V}\end{aligned}$$

Tehát az elektródpotenciál 0,413 V-tal csökken a kálium-cianid hozzáadásának hatására.

A beérkezett megoldások többsége jó, azonban néhány esetben nem derült ki, hogy csökken vagy növekszik az elektródpotenciál.

Benkő Zoltán

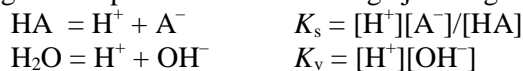
H60. A 10%-os ecetsavoldat analitikai koncentrációja $c_{\text{ecetsav}} = 1,686 \text{ mol/dm}^3$. Az ecetsav nem túl gyenge sav, és elég tömény oldatát vizsgáljuk ahhoz, hogy a következő képlettel számítsuk a hidrogénion-koncentrációt:

$$[\text{H}^+] = (K_s \cdot c)^{1/2} = 5,60 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3 \text{ (pH} = 2,25\text{)}.$$

Az ecetsav oldatban az acetátion koncentrációja megegyezik a hidrogénion-koncentrációval, az ecetsav egyensúlyi koncentrációja az analitikai koncentráció és az acetátion koncentrációjának a különbsége: $[\text{AcO}^-] = 5,60 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$; $[\text{AcOH}] = 1,681 \text{ mol/dm}^3$.

A megoldások egy részében problémát okozott, hogy mit kell figyelembe venni és mit nem egy gyenge sav oldatának pH-jának meghatározásakor. Ezért álljon itt egy rövid összefoglalás erről a témakörrel.

A gyenge savak pH-számításához vizsgáljuk meg a következő egyensúlyokat:



A gyenge sav analitikai koncentrációja legyen c , ekkor az anyagmérleg a következő alakban írható fel:

$$c = [\text{HA}] + [\text{A}^-] \rightarrow [\text{HA}] = c - [\text{A}^-]$$

Az oldat makroszkopikusan semleges, így felírhatjuk a következő töltésmérleget:

$$[\text{H}^+] = [\text{A}^-] + [\text{OH}^-] \rightarrow [\text{A}^-] = [\text{H}^+] - [\text{OH}^-].$$

Az anyagmérleg és a töltésmérleg segítségével a következőképpen fejezhetjük ki az egyensúlyi állandót:

$$K = [\text{H}^+](\text{H}^+ + [\text{OH}^-]) / (c - [\text{H}^+] + [\text{OH}^-]),$$

a vízionszorzat behelyettesítésével és átrendezéssel a következő harmadfokú egyenlethez jutunk:

$$[\text{H}^+]^3 + K[\text{H}^+]^2 - (cK + K_v)[\text{H}^+] - K_vK = 0.$$

A harmadfokú egyenlet megoldása bonyolult és nehézkes, az esetek többségében erre nincs is szükség. Vizsgáljuk meg, hogy milyen egyszerűsítéseket vehetünk figyelembe a gyenge savak pH-számítása során. Mivel savról van szó, azért $[\text{H}^+] > 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$.

(a) Ha $c < K$ és $c < 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$, ilyen híg oldatokban a $[\text{H}^+] \approx 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$ (még erős savaknál is). Ennek ismeretében becsüljük meg az egyes tagok nagyságrendjét:

$$[\text{H}^+]^3 \approx 10^{-21} (\text{mol/dm}^3)^3; K[\text{H}^+]^2 \approx 10^{-20} (\text{mol/dm}^3)^3; cK[\text{H}^+] \approx 10^{-19} (\text{mol/dm}^3)^3; K_v[\text{H}^+] \approx 10^{-21} (\text{mol/dm}^3)^3; K_vK \approx 10^{-20}.$$

Hanyagoljuk el a két legkisebb tagot így a következő másodfokú egyenlethez jutunk:

$$[\text{H}^+]^2 - c[\text{H}^+] - K_v = 0,$$

amelynek megoldásával kapjuk az oldat pH-ját (az egyenlet megegyezik a nagyon híg erős savak pH-számítására alkalmazott egyenlettel).

(b) Ha $K > 10^{-9} \text{ mol/dm}^3$, $Kc > 10^{-12} \text{ mol/dm}^3$ és $c > 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$. Így megbecsülve az egyes tagokat a legkisebbnek a K_vK tag bizonyul, ezt elhanyagoljuk; valamint $cK + K_v$ összegben a vízionszorzat is elhanyagolható a feltételek alapján, ekkor a következő másodfokú egyenlethez jutunk:

$$[\text{H}^+]^2 + K[\text{H}^+] - cK = 0.$$

(b1) A (b) eset egyik alelete, ha $K/c < 10^{-3}$, tehát viszonylag tömény oldatunk van: ekkor még gyenge savaknál is $[H^+] \gg 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$. A fenti egyenletet megoldva

$$[H^+] = (-K + (K^2 + 4Kc)^{1/2})/2,$$

kifejezést kapjuk a $[H^+]$ -ra, a feltételek alapján elvégzett elhanyagolások alapján ($K^2 \ll 4Kc$, illetve $K \ll (Kc)^{1/2}$) akkor a következőképpen számíthatjuk az oldat pH-ját:

$$[H^+] = (Kc)^{1/2}.$$

Ez az egyenlet akkor is igaz, ha $K < 10^{-9} \text{ mol/dm}^3$ és $Kc > 10^{-12} (\text{mol/dm}^3)^2$.

(c) Ha $Kc < 10^{-12} (\text{mol/dm}^3)^2$, de $K < 10^{-9} \text{ mol/dm}^3$ és $c > 10^{-6} \text{ mol/dm}^3$, akkor a következő képlettel számíthatjuk a $[H^+]$ -t:

$$K = ([H^+]^2 - K_v)/c.$$

A következő táblázatban foglalhatjuk össze, hogy melyik esetben melyik képletet kell használni:

$Kc < 10^{-12}$			
$c < 10^{-6}$		$c > 10^{-6}$	
$K > 10^{-9}$	$K < 10^{-9}$	$K < 10^{-9}$	
(a)	pH ≈ 7	(c)	
$Kc > 10^{-12}$			
$c < 10^{-6}$		$c > 10^{-6}$	
		$K > 10^{-9}$	
		$K/c > 10^{-3}$	$K/c < 10^{-3}$
(a)	(b)	(b1)	(b1)

A fenti leírás *Sinkó Katalin, Igaz Sarolta: Általános, szerves és kvalitatív kémiai feladatok, Semmelweis Kiadó, Budapest 2005.* alapján készült.

A sósavoldat koncentrációja könnyen számítható, mivel elég tömény erős sav oldatunk van, ezért a hidrogénion-koncentráció megegyezik az analitikai koncentrációval:

$$c_{\text{HCl}} = [H^+] = [Cl^-] = 5,60 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3,$$

amelyet $5,60 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 36,45 \text{ g/mol} / 0,37 / (1,1837 \text{ g/cm}^3) = 0,466 \text{ cm}^3$ tömény sósav 1 dm^3 -re történő hígításával lehet előállítani.

A citromsavoldat koncentrációjának meghatározásához vizsgáljuk meg a többértékű savak oldatában az egyes specieszek (különböző mértékben protonált részecskék) mennyiségének meghatározását. Tekintsük a citromsavat (H_3Cit), melynek ismerjük a lépcsőzetes savi disszociációs állandóit és az oldat pH-ját. Az oldat analitikai koncentrációját jelöljük c -vel.

Felírva az anyagmérleget, a következő egyenlethez jutunk:

$$c = [H_3\text{Cit}] + [H_2\text{Cit}^-] + [\text{HCit}^{2-}] + [\text{Cit}^{3-}],$$

ebbe az egyenletbe behelyettesítjük az egyensúlyi állandókat úgy, hogy csak $[\text{Cit}^{3-}]$ és $[H^+]$ koncentráció értékek szerepeljenek benne:

$$c = [H^+]^3 [\text{Cit}^{3-}] / (K_{s1} K_{s2} K_{s3}) + [H^+]^2 [\text{Cit}^{3-}] / (K_{s2} K_{s3}) + [H^+] [\text{Cit}^{3-}] / K_{s3} + [\text{Cit}^{3-}]$$

Ha leosztjuk $[\text{Cit}^{3-}]$ -val az egyenlet mindkét oldalát, akkor az ún. α_H függvényt kapjuk:

$$\alpha_H := c / [\text{Cit}^{3-}] = [H^+]^3 / (K_{s1} K_{s2} K_{s3}) + [H^+]^2 / (K_{s2} K_{s3}) + [H^+] / K_{s3} + 1$$

A fenti levezetésből is látszik, hogy az α_H függvény tagjai úgy aránylanak egymáshoz, mint az egyes specieszek koncentrációi. Így könnyen számítható a specieszek relatív mennyisége (jelöljük X -el, amelynek nagysága $0 < X < 1$):

$$X(\text{Cit}^{3-}) = 1 / \alpha_H; \quad X(\text{HCit}^{2-}) = [H^+] / K_{s3} / \alpha_H;$$

$$X(\text{H}_2\text{Cit}^-) = [H^+]^2 / (K_{s2} K_{s3}) / \alpha_H; \quad X(\text{H}_3\text{Cit}) = [H^+]^3 / (K_{s1} K_{s2} K_{s3}) / \alpha_H.$$

Az oldat töltés szempontjából semleges, ezért felírhatjuk a töltésmérleget:

$$[H^+] = [H_2\text{Cit}^-] + 2[\text{HCit}^{2-}] + 3[\text{Cit}^{3-}],$$

amelyben a koncentrációkat kifejezhetjük az X -ek és az analitikai koncentrációk segítségével:

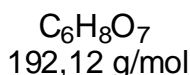
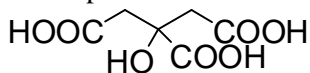
$$[H^+] = X(\text{H}_2\text{Cit}^-)c + 2 X(\text{HCit}^{2-})c + 3 X(\text{Cit}^{3-})c.$$

A fenti egyenletből kifejezhetjük az analitikai koncentrációt:

$$c = [H^+] / (X(\text{H}_2\text{Cit}^-) + 2 X(\text{HCit}^{2-}) + 3 X(\text{Cit}^{3-})).$$

Az analitikai koncentráció, valamint az X értékek ismeretében könnyen számíthatjuk a specieszek koncentrációit.

A citromsav képlete és moláris tömege:



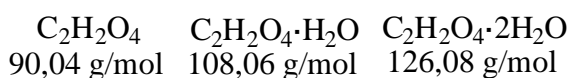
A citromsavnál az eredmények:

$c_{\text{citromsav}} = 4,14 \cdot 10^{-2} \text{ mol/dm}^3$, ehhez az oldathoz 1 dm^3 -be $7,95 \text{ g}$ -ot kell bemérni (ha valaki monohidráttal számolt az is teljes értékű válasznak számított). Az egyes specieszek koncentrációja:

$[\text{H}_3\text{Cit}] = 3,58 \cdot 10^{-2} \text{ mol/dm}^3$, $[\text{H}_2\text{Cit}^-] = 5,56 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$, $[\text{HCit}^{2-}] = 1,81 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$, $[\text{Cit}^{3-}] = 1,28 \cdot 10^{-8} \text{ mol/dm}^3$.

Az oxálsavnál a citromsavhoz hasonlóan járunk el.

Az oxálsav képlete és különböző kristályvíztartalmú változatainak moláris tömege:



Az oxálsavnál az eredmények:

$c_{\text{oxálsav}} = 4,10 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$, ehhez az oldathoz 1 dm^3 -be $0,517 \text{ g}$ -ot kell bemérni oxálsav-dihidrátból (Természetesen más kristályvíztartalmú, vagy a kristályvízmentes oxálsav is helyes megoldás volt). Az egyes specieszek koncentrációja:

$[\text{H}_2\text{Ox}] = 2,96 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$, $[\text{HOx}^-] = 2,01 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$, $[\text{Ox}^{2-}] = 1,79 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$.

A feladat a) része 6 pontot, b) és c) része 2-2 pontot ért. A feladatra sok helyes megoldás érkezett, a pontátlag 88,1%.

Varga Szilárd

HO-21. $40 \text{ }^\circ\text{C}$ -on a gázelegyenben az etanol parciális nyomása $18,04 \text{ kPa}$, a levegőé $101,5 \text{ kPa} - 18,04 \text{ kPa} = 83,46 \text{ kPa}$. Ezek alapján kiszámíthatjuk az ideális gáztörvénnyel az egyes komponensek anyagmennyiségét: $n_{\text{EtOH}(40^\circ\text{C})} = 120 \cdot 18040 / (8,314 \cdot 313) \text{ mol} = 831,9 \text{ mol}$; $n_{\text{levegő}} = 120 \cdot 83460 / (8,314 \cdot 313) \text{ mol} = 3848,6 \text{ mol}$. A $0 \text{ }^\circ\text{C}$ -ra történő hűtés során az össznyomás állandó ($101,5 \text{ kPa}$), továbbá a levegő anyagmennyisége nem változik. A $0 \text{ }^\circ\text{C}$ -os gázelegyenben az etanol és a levegő parciális nyomása: $1,95$ illetve $99,55 \text{ kPa}$.

Egy adott gázelegyen esetén a parciális nyomások és anyagmennyiségek egyenesen arányosak egymással, így a $0 \text{ }^\circ\text{C}$ -os gázelegyenben lévő etanol anyagmennyisége: $n_{\text{EtOH}(0^\circ\text{C})} = p_{\text{EtOH}}/p_{\text{levegő}} \cdot n_{\text{levegő}} = 1,95 \text{ kPa}/99,55 \text{ kPa} \cdot 3848,6 \text{ mol} = 75,4 \text{ mol}$. Tehát a kondenzálódott etanol mennyisége: $\Delta n_{\text{EtOH}} = n_{\text{EtOH}(40^\circ\text{C})} - n_{\text{EtOH}(0^\circ\text{C})} = 831,9 \text{ mol} - 75,4 \text{ mol} = 756,5 \text{ mol}$, melynek tömege $m_{\text{EtOH}} = 46 \text{ g/mol} \cdot 756,5 \text{ mol} = 34799 \text{ g}$. Tehát $34,8 \text{ kg}$ tömegű etanolt lehet maximálisan kinyerni a kiindulási elegyből (ekkor a kiindulási etanol $9,1 \text{ } \%$ -a marad a gázelegyenben).

A második kérdés esetén azt a hőmérsékletet kell megállapítani, mikor a $3848,6 \text{ mol}$ levegő mellett csupán $831,9 \cdot 0,01 = 8,319 \text{ mol}$ etanol marad. Ekkor az etanol mól%-a a gázelegyenben: $x_{\text{EtOH}} = 8,32 / (8,32 + 3848,6) = 0,00216$. Ebből pedig az etanol parciális nyomása: $p_{\text{EtOH}}^* = x_{\text{EtOH}} \cdot p_{\text{össz}} = 0,00216 \cdot 101500 \text{ Pa} = 219 \text{ Pa}$.

A Clausius-Clapeyron egyenletből meghatározható a moláris párolgáshő:

$$\Delta H_{\text{pár}}^\circ = \frac{R \cdot \ln\left(\frac{p_2}{p_1}\right)}{\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)} = \frac{8,314 \cdot \ln\left(\frac{18040}{1950}\right)}{\left(\frac{1}{273} - \frac{1}{313}\right)} \frac{\text{J}}{\text{mol}} = 39,5 \text{ kJ/mol}$$

Szintén a fenti egyenlet segítségével meghatározható az a hőmérséklet, melyen az etanol parciális nyomása 219 Pa . Behelyettesítve az eredmény $242,5 \text{ K}$, azaz $-30,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Sok szép, követhető megoldás érkezett, ám többen nem számolták ki a kinyert etanol tömegét. Többen nem tudták megoldani a feladat b. részét, ám erre is érkeztek helyes megoldások.

Benkő Zoltán

HO-22. a) A feladatban szereplő, $v = 220$ m/s sebességű C_{60} molekula hullámhossza a de Broglie összefüggés alapján számítható. A C_{60} moláris tömege: $M = 720,0$ g/mol, és egyetlen C_{60} molekula tömege:

$m = M / N_A = 1,196 \cdot 10^{-24}$ kg, ahol $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ /mol az Avogadro-szám.

Ezt beírva a de Broglie összefüggésbe, adódik a hullámhossz:

$\lambda = h / (m \cdot v) = 2,5$ pm, ahol $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ J·s a Planck-állandó.

b) A k -adrendű erősítés helye a detektoron: $D_k = L \cdot \text{tg} \alpha_k$, ahol L a rések és a detektor távolsága (a feladatban $L = 1,25$ m) és α_k a k -adrendű erősítéshez tartozó szög. Másrészt pedig ismert a $\sin \alpha_k = \frac{2k}{d} \frac{\lambda}{2}$ összefüggés, amelyben

d a rések távolságát (itt $d = 100$ nm), k az erősítés rendjét, λ pedig a hullámhosszat jelöli.

$D_k = L \cdot \text{tg} \alpha_k =$

$$L \frac{\sin \alpha_k}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha_k}} = L \frac{\frac{k\lambda}{d}}{\sqrt{1 - \left(\frac{k\lambda}{d}\right)^2}} = L \frac{k \cdot 2,519 \cdot 10^{-5}}{\sqrt{1 - k^2 \cdot 6,346 \cdot 10^{-10}}} \approx L \cdot k \cdot 2,519 \cdot 10^{-5}$$

ahol a közelítés az első néhány erő-

sítés esetén megengedhető (a feladat pontosságán belül).

Ezek alapján, az első néhány intenzitásmaximum távolsága a detektoron:

$$\Delta D = L \frac{\lambda}{d} = 31 \text{ } \mu\text{m}.$$

(Megjegyzés: Az is elfogadható megoldás, ha valaki valóban kiszámolja az első néhány, például, az első öt maximum helyét, majd ezeket kivonva egymásból, megállapította, hogy ezek a feladat számítási pontosságán belül azonos, 31 μm -es távolságra találhatók egymástól. Érdemes viszont kipróbálni, hogy az itt leírt, általánosabb megoldásban alkalmazott elhanyagolás mekkora k értékeknél okozna már a második tizedes jegyében eltérést...)

c) Ha feltételezzük, hogy a kísérletben a két résen való szóródáson kívül más fizikai folyamattal nem kell számolnunk, akkor a kisebb intenzitású maximumok nyilván egy másik – esetleg szennyezőként a rendszerbe került – részecskétől származhattak. A megadott kísérleti eredmények alapján kiszámíthatjuk ennek a tömegét, majd javaslatot tehetünk az anyagi minőségére, összetételére.

Tehát az a) és b) pontban követett gondolatmenetet „visszafelé” végigjárva:

$$I' = \Delta D' \frac{d}{L} = 2,160 \text{ pm}.$$

Tegyük fel, hogy ez az ismeretlen anyag szintén a molekulaforrásként szolgáló kemencéből származik, és így a sebessége $v = 220$ m/s. Ekkor a moláris tömege, felhasználva a de Broglie összefüggést: $M' = N_A \frac{h}{I'v} = 839,7$ g/mol.

Ilyen moláris tömeggel nyilván sokféle anyagot el lehetne képzelni, de figyelembe véve, hogy a vizsgált minta C_{60} , lehetséges, hogy egy nagyobb fullerén is jelen volt szennyezőként. Ezek alapján ésszerű lehet az, hogy a kisebb intenzitású maximumok a mintát szennyező C_{70} molekuláktól származhattak.

Mátyus Edit