



Magyar Kémikusok  
Egyesülete

## XLIII. Irinyi János Középiskolai

### Kémiaverseny

#### III. forduló<sup>1</sup>

2011. május 7



### Javítási útmutató

#### I. Általános kémia és anyagszerkezet

(1) A periódusos rendszerben, az f-mező elemeit kizárva, hat darab C betűvel kezdődő vegyjelű fém van:

${}_{20}\text{Ca}$ ,  ${}_{24}\text{Cr}$ ,  ${}_{27}\text{Co}$ ,  ${}_{29}\text{Cu}$ ,  ${}_{48}\text{Cd}$ ,  ${}_{55}\text{Cs}$

A következő információk alapján azonosítsd őket! Minden sorba csak egy vegyjel kerüljön.

1. Közülük a legalacsonyabb olvadáspontú:
2. Víztmentes közegben kék, víz jelenlétében rózsaszínű az ionja:
3. Hatszöges rácsban kristályosodik:
4. Nem reagál sósavval:
5. Létezik +7-es oxidációs számú ionja:
6. Vízrel reakcióba lép, a keletkező oldatot  $\text{CO}_2$  kimutatására használják:

*Összesen: 6 pont*

*Megoldás:*

Minden helyes megoldás 1 pont, összesen 6 pont

A periódusos rendszerben, az f-mező elemeit kizárva, hat darab C betűvel kezdődő vegyjelű fém van:

${}_{20}\text{Ca}$ ,  ${}_{24}\text{Cr}$ ,  ${}_{27}\text{Co}$ ,  ${}_{29}\text{Cu}$ ,  ${}_{48}\text{Cd}$ ,  ${}_{55}\text{Cs}$

A következő információk alapján azonosítsd őket! Minden sorba csak egy vegyjel kerüljön.

1. Közülük a legalacsonyabb olvadáspontú: Cs
2. Víztmentes közegben kék, víz jelenlétében rózsaszínű az ionja: Co
3. Hatszöges rácsban kristályosodik: Cd
4. Nem reagál sósavval: Cu
5. Létezik +7-es oxidációs számú ionja: Cr
6. Vízrel reakcióba lép, a keletkező oldatot  $\text{CO}_2$  kimutatására használják: Ca

Pontozás: 1 pont/válasz

*Összesen: 6 pont*

(2) Az alábbi kérdésekre vonatkozó válaszait írja be a megadott helyekre.

/a A felsorolt vegyületek melyikéből állítható elő redukcióval az elemi jód?

Vegyületek:	HI	$\text{I}_2\text{O}_5$	KI	$\text{ZnI}_2$	Válasz:
-------------	----	------------------------	----	----------------	---------

<sup>1</sup>*Feladatkészítők:* Dörnyei Ágnes, Forgács József, Lente Gábor, Márkus Terézia, Pálinkó István, Petz Andrea, Sipos Pál, Tóth Albertné – *Szerkesztette:* Pálinkó István

/b Hogyan változik a víz mennyisége a nátrium-jodid-oldat grafit elektródákkal történő elektrolízise során?

Lehetőségek:	Csökken	nő	nem változik	Válasz:
--------------	---------	----	--------------	---------

/c A 131-es tömegszámú radioaktív jód izotóp  $\beta$ -bomlással bomlik. Mennyi a tömegszáma a visszamaradó atomnak?

Lehetőségek:	127	129	131	133	Válasz:
--------------	-----	-----	-----	-----	---------

/d A  $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2 \text{HI}$  egyensúlyra vezető reakció a HI keletkezésének irányába  $v_1 = k \cdot [\text{H}_2] \cdot [\text{I}_2]$  sebességgel megy végbe. Mi a mértékegysége a „k” sebességi együtthatónak („állandó”-nak)?

Lehetőségek:	$\text{mol}/(\text{dm}^3) \cdot \text{s}$	$\text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$	$(\text{mol}/\text{dm}^3)^2 \cdot \text{s}^{-1}$	Válasz:
--------------	---	---	--	---------

/e A felsorolt anyag párok esetén melyiknél nem következhet be kémiai reakció?

Reakció-partnerek	$\text{Cl}_2 + \text{KI}$	$\text{Al} + \text{I}_2$	$\text{NaCl} + \text{I}_2$	$\text{CH}_4 + \text{I}_2$	Válasz:
-------------------	---------------------------	--------------------------	----------------------------	----------------------------	---------

/f Az emberi szervezet számára is fontos NaI koncentrációja egyes gyógyvizekben elérheti a 75 mg/l mennyiséget. Mennyi a NaI anyagmennyiség-koncentrációja? ( $M_{\text{Na}}$ : 23 g/mol,  $M_{\text{I}}$ : 127 g/mol)

Válasz:	$\text{mol}/\text{dm}^3$
---------	--------------------------

/g Lugol-oldatot adva a felsorolt anyagokhoz, melyiknél nincs lényeges színváltozás?

Anyagok:	alkohol	benzin	C-vitamin	keményítő	Válasz:
----------	---------	--------	-----------	-----------	---------

Összesen: 7 pont

Megoldás:

/a A felsorolt vegyületek melyikéből állítható elő redukcióval az elemi jód?

Vegyületek:	HI	$\text{I}_2\text{O}_5$	KI	$\text{ZnI}_2$	Válasz: $\text{I}_2\text{O}_5$
-------------	----	------------------------	----	----------------	--------------------------------

/b Hogyan változik a víz mennyisége a nátrium-jodid-oldat grafit elektródákkal történő elektrolízise során?

Lehetőségek:	Csökken	nő	nem változik	Válasz: <b>csökken</b>
--------------	---------	----	--------------	------------------------

/c A 131-es tömegszámú radioaktív jód izotóp  $\beta$ -bomlással bomlik. Mennyi a tömegszáma a visszamaradó atomnak?

Lehetőségek:	127	129	131	133	Válasz: <b>131</b>
--------------	-----	-----	-----	-----	--------------------

/d A  $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2 \text{HI}$  egyensúlyra vezető reakció a HI keletkezésének irányába  $v_1 = k \cdot [\text{H}_2] \cdot [\text{I}_2]$  sebességgel megy végbe. Mi a mértékegysége a „k” sebességi együtthatónak („állandó”-nak)?

Lehetőségek:	$\text{mol}/(\text{dm}^3) \cdot \text{s}$	$\text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$	$(\text{mol}/\text{dm}^3)^2 \cdot \text{s}^{-1}$	Válasz: <b><math>\text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}</math></b>
--------------	---	---	--	---

/e A felsorolt anyag párok esetén melyiknél nem következhet be kémiai reakció?

Reakció-partnerek	Cl <sub>2</sub> + KI	Al + I <sub>2</sub>	NaCl + I <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub> + I <sub>2</sub>	Válasz: <b>NaCl + I<sub>2</sub></b>
-------------------	----------------------	---------------------	-----------------------	----------------------------------	-------------------------------------

/f Az emberi szervezet számára is fontos NaI koncentrációja egyes gyógyvizekben elérheti a 75 mg/l mennyiséget. Mennyi a NaI anyagmennyiség-koncentrációja? ( $M_{\text{Na}}: 23 \text{ g/mol}$ ,  $M_{\text{I}}: 127 \text{ g/mol}$ )

Válasz:  **$5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$**

/g Lugol-oldatot adva a felsorolt anyagokhoz, melyiknél nincs lényeges színváltozás?

Anyagok:	alkohol	benzin	C-vitamin	keményítő	Válasz: <b>alkohol</b>
----------	---------	--------	-----------	-----------	------------------------

Összesen: 7 pont

(3) Az alábbi mondatok végére írja azt a kémiai fogalmat, amelyekre a definíció illik!

(a) Olyan anyag, amely azáltal gyorsítja meg a kémiai reakciók sebességét, hogy lecsökkenti a reakció aktiválási energiáját:

(b) A folyadékelegyek csökkentett nyomáson történő forráspont szerinti szétválasztása:

(c) Valamely szerves vegyület olyan szénatomja, amelynek mind a négy vegyértéke más-más ligandumhoz, vagy atomcsoportokhoz kapcsolódik:

(d) Olyan vegyület, amely egyidejűleg pozitív és negatív töltésű is, például a molekulán belüli protonátmenet miatt:

(e) A makromolekuláknak az a keletkezési módja, melynek során a monomerek egyesülése kis molekulatömegű anyagok kilépésével jár.

Összesen: 5 pont

Megoldás:

(a) Olyan anyag, amely azáltal gyorsítja meg a kémiai reakciók sebességét, hogy lecsökkenti a reakció aktiválási energiáját: **katalizátor**

(b) A folyadékelegyek csökkentett nyomáson történő forráspont szerinti szétválasztása: **vákuum desztilláció (vákuum lepárlás)**

(c) Valamely szerves vegyület olyan szénatomja, amelynek mind a négy vegyértéke más-más ligandumhoz, vagy atomcsoportokhoz kapcsolódik: **királis szénatom/aszimmetriás szénatom**

(d) Olyan vegyület, amely egyidejűleg pozitív és negatív töltésű is, például a molekulán belüli protonátmenet miatt: **ikerion**

(e) A makromolekuláknak az a keletkezési módja, melynek során a monomerek egyesülése kis molekulatömegű anyagok kilépésével jár: **(poli)kondenzáció**

Pontozás: 1 pont/jó válasz

Összesen: 5 pont

(4) Töltse ki a következő táblázatot.

Rácstípus (amikor szilárd)	Képlet	A rácspontokban lévő részecskéket összetartó erő	Halmazállapot (20 °C-on)
	SiO <sub>2</sub>		
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
	LiF		
	NaOH		
	Hg		
	SO <sub>2</sub>		
	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH		

*Összesen: 10,5 pont*

*Megoldás:*

Rácstípus (amikor szilárd)	Képlet	A rácspontokban lévő részecskéket összetartó erő	Halmazállapot (20 °C-on)
Atomrács	SiO <sub>2</sub>	kovalens kötés	szilárd
Atomrács	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	kovalens kötés	szilárd
Ionrács	LiF	Ionkötés	szilárd
Ionrács	NaOH	Ionkötés	szilárd
Fémrács	Hg	fémes kötés	folyadék
Molekularács	SO <sub>2</sub>	dipólus-dipólus	gáz
Molekularács	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	hidrogénkötés	folyadék

*Összesen: 10,5 pont*

## II. Szervetlen kémia

(1) Laboratóriumi munkánk során gyakran kell használnunk gázokat. A táblázatban néhány egyszerűbb gáz előállítása, fizikai és kémia tulajdonsága szerepel.

Értelemszerűen töltsé ki az alábbi táblázatot!

Képlet	Nagymennyiségű előállítása laboratóriumban (egyenlet és/vagy szöveg)	Színe/szaga	Vízben való oldhatósága, vizes oldatának kémhatása	Kimutatása (mivel, mit tapasztalunk)
H <sub>2</sub>				
				parázsló gyújtópálca lángra lobban
		sárgászöld szúrós/fojtó szagú	oldódik savas	
CO				–
	CaCO <sub>3</sub> + 2HCl =			
			nagymértékben oldódik lúgos	tömény sósavba mártott üvegbot környezetében fehér füst
	réz és híg salétromsav			–
		vörösbarna szúrós szagú		–
HCl				
		színtelen szúrós szagú	nagymértékben oldódik savas	
		színtelen, záptojás szagú		ólom-acetáttal fekete szín

*Összesen: 18,5 pont*

*Megoldás:*

Képlet	Nagymennyiségű előállítás laboratóriumban	Színe/szaga	Vízben való oldhatósága, vizes oldatának kémhatása	Kimutatása
H <sub>2</sub>	savakból hidrogénnél negatívabb std. pot fémekkel. pl. $Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$	színtelen szagtalan	nem oldódik –	durranógáz próba éző gyújtópálca
O <sub>2</sub>	$2KMnO_4 = K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2$ $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$ (MnO <sub>2</sub> kat.)	színtelen szagtalan	kismértékben oldódik semleges	parázsló gyújtópálca lángra lobbán
Cl <sub>2</sub>	$2KMnO_4 + 16HCl = 2KCl + MnCl_2 + 5Cl_2 + 8H_2O$	sárgászöld szúrós/fojtó szagú	oldódik Savas	KI-os szűrőpapír, megbarnul
CO	$HCOOH = CO + H_2O$ $2HCOONa + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2CO + 2H_2O$	színtelen szagtalan	kismértékben oldódik semleges	–
CO <sub>2</sub>	$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + CO_2 + H_2O$	színtelen szagtalan	oldódik savas	éző gyújtópálca elalszik vagy meszes víz megzavarosodik
NH <sub>3</sub>	$NH_4Cl + NaOH = NH_3 + NaCl + H_2O$ (vagy tömény ammóniaoldat melegítése)	színtelen szúrós szagú	nagymértékben oldódik lúgos	tömény sósavba mártott üvegbot: fehér füst
NO	$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$	színtelen szúrós szagú	kismértékben oldódik semleges	–
NO <sub>2</sub>	$Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$	vörösbarna szúrós szagú	jól oldódik savas	–
HCl	$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$ (vagy tömény sósav-oldat melegítése)	színtelen szúrós szagú	nagymértékben oldódik savas	tömény ammónia oldatba mártott üvegbot
SO <sub>2</sub>	$Na_2SO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + SO_2 + H_2O$ $Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$	színtelen szúrós szagú	nagymértékben oldódik savas	KI-os szűrőpapír, megbarnul
H <sub>2</sub> S	$FeS + 2HCl = H_2S + FeCl_2$	színtelen, záptojás szagú	oldódik savas	ólom-acetáttal fekete szín

Pontozás: 1. 2. 3. és 5. oszlop: 0.5 pont/válasz; 4. oszlop: 0.25 pont/válasz

*Összesen: 17,5 pont*

(2)/a „Ennek a szódának elment az ereje” – mondta valaki az asztalon lévő pohárban lévő ásványvízről.

Hogyan ment el a szóda ereje?

/b A mosópor a „szóda erejével” kiválóan tisztít, hirdeti a reklám. Miben rejlik a szóda ereje?

A szódára vonatkozó megállapítások kémiai tartalmát írja fel kémiai jelölésmóddal is!

*Összesen: 6 pont*

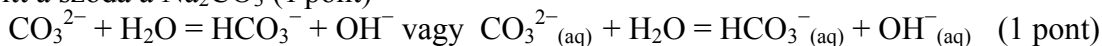
*Megoldás:*

(2)/a  $H_2O + CO_2 \rightleftharpoons H_2CO_3$  (egyensúlyi folyamat; reakcióegyenlet 1 pont)

a reakció az alsó nyíl irányába tolódik el (1pont)

Reakcióegyenlet nélküli indoklás: CO<sub>2</sub> (szén-dioxid) buborékolt ki (1 pont)

/b itt a szóda a  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (1 pont)



A mosóhatás a lúgos ( $\text{OH}^-$  túlsúlya) kémhatásban rejlik (1 pont)

*Összesen: 6 pont*

### III. Szerves kémia

A fémorganikus vegyületek alapvető reagensek a modern szerves kémiában. Sok olyan reakciót lehet megvalósítani velük, amely a "hagyományos" szerves vegyületekkel nem vagy csak nagyon körülményesen mennek. Az egyik legrégebbi, és már régóta sokat használt képviselőjük a Grignard-reagens ( $\text{RCH}_2\text{-MgX}$ , ahol  $\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}$  vagy  $\text{I}$ ) – Victor Grignard e vegyületcsoport megalkotásáért kapott Nobel-díjat 1912-ben.

(a) Milyen kötés a C–Mg kötés?

(b) Milyen a polaritása ennek a kötésnek (másként: milyen töltéssel rendelkeznek a kötés pillératomjai – nem feltétlenül egész töltésekről beszélünk)?

A Grignard-reagenssel végrehajtott reakciókhoz általában vízmentes (abszolút) étert (diethyl-étert vagy tetrahidrofuránt) használnak. Mozcékony protont tartalmazó oldószerrrel ( $\text{H}_2\text{O}$ , alkoholok, karbonsavak) a reagens reakcióba lép, és a megfelelő szerves vegyület, valamint a magnéziumsó képződik.

(c) Milyen szerves vegyület vagy vegyületek keletkeznek, ha a  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{MgBr}$  reakcióba lép

- vízzel,
- metanollal,
- etanollal,
- hangyasavval,
- ecetsavval.

Abszolút éteres közegben egy  $\text{R}'\text{CH}_2\text{-MgBr}$  Grignard-vegyület és az  $\text{RCH}_2\text{CHO}$  aldehid között enyhe melegítéssel végbemegy egy reakció. A reakcióelegy feldolgozása során, többek között, alkalmazunk vizes-savas mosást, amelynek eredményeképpen a reakcióban képződő intermedierből (másként: köztitermék) az  $\text{RCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{R}'$  alkohol képződik.

(d) Adja meg az intermedier szerkezeti képletét.

(e) Milyen reakciópartnert alkalmazna (a Grignard-vegyület változatlan), ha feladata

- primer alkohol,
- szekunder alkohol,

vagy

- terciar alkohol

előállítására lenne.

(f) Milyen reakciótipusba sorolná ezeket a reakciókat szerves kémiai és általános kémia megfontolások szerint?

(g) Mi történik, ha a kapott alkoholokat oxidáljuk nem túl erélyes körülmények között, mondjuk  $\text{CrO}_3$ -dal cc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  acetonos oldatával szobahőmérsékleten (Jones oxidáció)? Válaszoljon egyenletekkel (az egyenleteket nem kell rendezni, és csak a szerves terméket kell feltüntetni – általában így csinálják a szerves kémikusok).

*Összesen: 23 pont*

#### Megoldás

(a) [erősen] poláris kovalens kötés (2 pont)

(b) a szénatom (parciálisan) negatív, a magnézium parciálisan negatív töltésű (1 pont)

(c) mind az öt esetben  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_3$  (5 pont)

- (d)  $[\text{RCH}_2\text{CH}(\text{O}^-)\text{CH}_2\text{R}']^+[\text{MgBr}]$  (1 pont)  
 (e) HCHO, RCHO vagy  $\text{RCH}_2\text{CHO}$ ,  $\text{R}_2\text{CO}$  (3 pont, fele, ha nem képleteket használ)  
 (f) szerves kémiai: addíció (nukleofil), általános kémiai: redukció (2x1 pont)  
 (g)  $\text{RCH}_2\text{OH} + \text{CrO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{RCOOH}$   
 $\text{R}(\text{R}')\text{CHOH} + \text{CrO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{R}(\text{R}')\text{C}=\text{O}$   
 $\text{RR}'\text{R}''\text{COH} + \text{CrO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$  nincs átalakulás  
 (az alkoholok helyes rendűségéért 2-2 pont, a helyes termékekért 2-2 pont)

*Összesen: 23 pont*

#### IV. Számítási feladatok

(1) Ellenzői azt állítják, hogy a szénsavas üdítőitalok (elsősorban nagy szénhidrát-tartalmuknak köszönhetően) hizlalnak. Hívei erre azt válaszolják, hogy ha az italt megfelelően lehűtve fogyasztjuk, akkor a testhőmérsékletre történő felmelegítés során a szervezet felemészti az ital lebontásakor felszabaduló hőt. Vajon a két táborból kinek van igaza? A számolásokhoz használjuk fel, hogy 500 g szénsavas üdítőital lebontásakor a szervezetben 900 kJ energiának megfelelő hő szabadul fel. Az emberi test hőmérsékletét vegyük  $36^\circ\text{C}$ -nak. Tegyük fel továbbá, hogy az üdítőital fajhője (egységnyi tömegű anyag 1 K-es hőmérsékletemeléséhez szükséges energia) és fagyáspontja (lévén fő tömegében víz) megegyezik a víz fajhőjével ( $4,18 \text{ J/gK}$ ) és fagyáspontjával ( $0^\circ\text{C}$ ). Feltesszük azt is, hogy az üdítőitalt, nem fagyasztott, hanem  $0^\circ\text{C}$ -os folyékony állapotában fogyasztjuk el.

*Összesen: 8 pont*

*Megoldás:*

Folyékony állapotban az üdítőitalunk legalacsonyabb hőmérséklete  $0^\circ\text{C}$ . 500 g üdítőital  $0^\circ\text{C}$ -ról  $36^\circ\text{C}$ -ra való felmelegítéséhez  $500 \times 36 \times 4,18 \text{ J} = 75240 \text{ J} = 75,24 \text{ kJ}$ . (6 pont) Ez kevesebb, mint 10%-a az 500 g itallal a szervezetbe bevitt hőnek. (2 pont) Bizony, a többi energiától vagy meg kell szabadulnunk (pl. egy kiadós biciklizéssel) vagy a szervezetben fog eltárolódni.

*Összesen: 8 pont*

(2) Részben kihevített kristályos szóda tömege felére csökkent a szárítás során, miközben kristályvizének 79,45 (m/m)%-át „elveszítette”. Mi a kristályos szóda képlete?

Hány tömeg százalékos nátrium-karbonátra nézve a  $80^\circ\text{C}$ -on telített oldat, ha ezen a hőmérsékleten a kristályos szóda oldhatósága  $556,12 \text{ g}/100 \text{ g}$  víz? ( $M_{\text{Na}}: 23 \text{ g/mol}$ ,  $M_{\text{O}}: 16 \text{ g/mol}$ )

*Összesen: 10 pont*

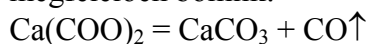
*Megoldás:*

1 pont	Nátrium-karbonát képlete $\text{Na}_2\text{CO}_3$
1 pont	Kristályos szóda képlete általánosan : $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ , ahol $x = ?$
1 pont	Moláris tömeg: $M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \text{ g/mol}$ és $M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}) = (106 + 18x) \text{ g/mol}$
1 pont	Annak felismerése, hogy a szárított szódában a kristályvíz (100-79,45)%-a van $20,55\% = 0,2055$
2 pont	A feladat szövegének megfelelő tartalom matematikai megfogalmazása: $0,5 \cdot (106 + 18x) = 106 + 18 \cdot 0,2055x$
1 pont	$x = 10$ , $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
1 pont	A kristályos szóda nátrium-karbonát-tartalma tömeg %-ban (m/m)% = $(106 \text{ g}/286 \text{ g}) \cdot 100\% = 37,06\%$
1 pont	Az oldat tömeg %-os összetétele: $100\% \cdot (556,12 \cdot 0,3706)/656,12$
1 pont	Eredmény: 31,41 (m/m)%-os a $80^\circ\text{C}$ -on telített oldat.

*Összesen: 10 pont*



(3) Egy  $\text{CaCO}_3$ -ból és vízmentes kalcium-oxalátból  $[\text{Ca}(\text{COO})_2]$  álló vesekő-mintának szeretnénk megállapítani az összetételét. Tudjuk, hogy a  $\text{Ca}(\text{COO})_2$  600 °C-ra hevítve az alábbi egyenletnek megfelelően bomlik:



majd tovább hevítve, 1000 °C-on a mészegetési reakció játszódik le:



Egy 1,2144 g-os vesekő-darabot 1000 °C-ra hevítve, 0,5848 g CaO maradt hátra. Számítsa ki a vesekő  $\%$ (m/m) összetételét! Mekkora volt a vesekő tömege 600 °C-on? ( $M_{\text{Ca}}$ : 40.08 g/mol,  $M_{\text{O}}$ : 16 g/mol,  $M_{\text{C}}$ : 12 g/mol)

*Összesen: 12 pont*

*Megoldás:*

A hevítés befejeztével  $584,8 \text{ mg}/56,08 = 10,428 \text{ mmol}$  CaO maradt hátra (1 pont). Ugyanennyi volt a  $\text{CaCO}_3$  és a  $\text{Ca}(\text{COO})_2$  anyagmennyiségeinek az összege is. (1 pont) A  $1214,4 \text{ mg} = 100,08x + 128,08(10,428 - x)$  egyenletből (2 pont)  $x = 4,333 \text{ mmol}$  (1 pont), és  $m_{\text{CaCO}_3} = 0,4333 \text{ g}$  (1 pont), ami 35,68  $\%$ (m/m) (1 pont). A  $\text{Ca}(\text{COO})_2$  64,32  $\%$ (m/m)-ban volt jelen, tömege 0,7811 g (1 pont) és anyagmennyisége 6,095 mmol (1 pont). Ennyi  $\text{Ca}(\text{COO})_2$ -ből éppen 6,095 mmol, (1 pont) vagyis 0,1707 g CO fejlődik (1 pont); éppen ennyi hiányzik a minta tömegéből 600 °C-on, vagyis  $m = 1,2144 \text{ g} - 0,1707 \text{ g} = 1,0437 \text{ g}$  (1 pont).

*Összesen: 12 pont*

(4) Egy Krugerrand aranyérmében pontosan egy nemesfémuncia tiszta arany van. Ha tiszta aranyból lenne ez az érme, akkor nagyon könnyen deformálódna, ezért egy kevés rézzel ötvözik. Egy kíváncsi kémikus meg akarta határozni a Krugerrand aranytartalmát úgy, hogy közben az érmét nem semmisíti meg. A következő méréseket csinálta:

a) Megmért egy Krugerrand érmét: a tömeg 33,9295 g volt

b) Egy piknométer, vagyis nagyon pontosan azonos térfogatok mérésére alkalmas eszközt megmért üresen és szárazon: a tömeg 45,1337 g volt

c) A piknométert pontosan megtöltötte 22,0 °C-os vízzel. A tömeg így 146,2352 g lett.

d) Beletette a piknométerbe a Krugerrand érmét, majd pontosan megtöltötte 22,0 °C-os vízzel. Így a tömeg 175,1755 g lett.

A kémikus nagyon pontos táblázatokból tudta, hogy a víz sűrűsége 22,0 °C-on  $0,99777 \text{ g}/\text{cm}^3$ . A többi szükséges adat meghatározásához 3,200 mm élhosszú kockákat készített különböző anyagokból. A tiszta aranyból készített kocka tömege 0,6324 g volt, a tiszta rézből készítetté 0,2923 g, míg egy 90,00 tömeg% aranyat és 10,00 tömeg% rézet tartalmazó ötvözetből készített kocka 0,5453 g tömegű volt.

Mennyi a Krugerrand érme sűrűsége?

Az arany-réz ötvözetek sűrűsége a tömeg%-kal vagy a mól%-kal van-e lineáris kapcsolatban (egyenes arányosságban)?

Mennyi egy nemesfémuncia?

( $M_{\text{Au}}$ : 196,967 g/mol,  $M_{\text{Cu}}$ : 63,546 g/mol)

*Összesen: 17 pont*

*Megoldás:*

Az a-d pontokban végzett mérések alapján kiszámolhatjuk az érme sűrűségét a következő módon:

A piknométer térfogata meghatározható az alapján, hogy pontosan mennyi tömegű adott sűrűségű víz fér bele. A benne lévő víz tömege (1 pont):

$$m_{\text{viz,c}}^{\text{mérés}} = 146,2352 \text{ g} - 45,1337 \text{ g} = 98,1015 \text{ g}$$

A víz sűrűségét felhasználva a piknométerben lévő víznek, azaz a piknométernek a térfogata megadható (1 pont):

$$V_{\text{v}\ddot{\text{z}},\text{c})\text{m}\ddot{\text{e}}\text{r}\ddot{\text{e}}\text{s}} = \frac{m_{\text{v}\ddot{\text{z}},\text{c})\text{m}\ddot{\text{e}}\text{r}\ddot{\text{e}}\text{s}}}{\rho_{\text{v}\ddot{\text{z}}}} = \frac{98,1015\text{g}}{0,99777\text{g}/\text{cm}^3} = 98,320755\text{cm}^3$$

Amikor az érme is benne volt a piknométerben, akkor a következő mennyiségű víz fért el még mellette (1 pont):

$$m_{\text{v}\ddot{\text{z}},\text{d})\text{m}\ddot{\text{e}}\text{r}\ddot{\text{e}}\text{s}} = 175,1755\text{g} - 33,9295\text{g} - 45,1337\text{g} = 96,1123\text{g}$$

Ennyi víz térfogata (1 pont):

$$V_{\text{v}\ddot{\text{z}},\text{d})\text{m}\ddot{\text{e}}\text{r}\ddot{\text{e}}\text{s}} = \frac{m_{\text{v}\ddot{\text{z}},\text{d})\text{m}\ddot{\text{e}}\text{r}\ddot{\text{e}}\text{s}}}{\rho_{\text{v}\ddot{\text{z}}}} = \frac{96,1123\text{g}}{0,99777\text{g}/\text{cm}^3} = 96,327109\text{cm}^3$$

Így az érme térfogata a két víztérfogat különbsége (1 pont):

$$V_{\text{érme}} = V_{\text{v}\ddot{\text{z}},\text{d})\text{m}\ddot{\text{e}}\text{r}\ddot{\text{e}}\text{s}} - V_{\text{v}\ddot{\text{z}},\text{c})\text{m}\ddot{\text{e}}\text{r}\ddot{\text{e}}\text{s}} = 98,320755\text{cm}^3 - 96,327109\text{cm}^3 = 1,993646\text{cm}^3$$

Az érme sűrűsége így (1 pont):

$$\rho_{\text{érme}} = \frac{m_{\text{érme}}}{V_{\text{érme}}} = \frac{33,9295\text{g}}{1,993646\text{cm}^3} = 17,0188\text{g}/\text{cm}^3$$

A tiszta arany sűrűsége (1 pont):

$$\rho_{\text{arany}} = \frac{m_{\text{aranykocka}}}{V_{\text{aranykocka}}} = \frac{0,6324\text{g}}{(0,3200\text{cm})^3} = \frac{0,6324\text{g}}{0,032768\text{cm}^3} = 19,2993\text{g}/\text{cm}^3$$

A tiszta réz sűrűsége (1 pont):

$$\rho_{\text{réz}} = \frac{m_{\text{rézkocka}}}{V_{\text{rézkocka}}} = \frac{0,2923\text{g}}{(0,3200\text{cm})^3} = \frac{0,2923\text{g}}{0,032768\text{cm}^3} = 8,9203\text{g}/\text{cm}^3$$

A 90,00 tömeg% aranyat és 10,00 tömeg% rezet tartalmazó ötvözet sűrűsége (1 pont):

$$\rho_{\text{ötvözet}} = \frac{m_{\text{ötvözet}}}{V_{\text{ötvözet}}} = \frac{0,5453\text{g}}{(0,3200\text{cm})^3} = \frac{0,5453\text{g}}{0,032768\text{cm}^3} = 16,6412\text{g}/\text{cm}^3$$

Ha azt feltételezzük, hogy a tömegszázalék és a sűrűség között lineáris kapcsolat van, akkor az ötvözet sűrűségének a következőnek kellene lennie (1 pont):

$$\rho_{\text{tömeg}\%} = 0,9000 \cdot \rho_{\text{Au}} + 0,1000 \cdot \rho_{\text{Cu}} = 0,9000 \cdot 19,2993\text{g}/\text{cm}^3 + 0,1000 \cdot 8,9203\text{g}/\text{cm}^3 = 18,2614\text{g}/\text{cm}^3$$

Ez láthatóan nem egyezik meg a tényleges sűrűséggel, így nincsen lineáris kapcsolat a tömegszázalék és a sűrűség között (1 pont). A 90,00 tömeg% aranyat és 10 tömeg% rezet tartalmazó ötvözet mol%-os összetétele (1 pont):

$$A_{\text{mol}\%} = \frac{0,9000\text{g}/196,967\text{g}/\text{mol}}{0,9000\text{g}/196,967\text{g}/\text{mol} + 0,1000\text{g}/63,546\text{g}/\text{mol}} \cdot 100\% = 74,383\%$$

$$C_{\text{mol}\%} = 100\% - 74,383\% = 25,617\%$$

Ha azt feltételezzük, hogy a mólszázalék és a sűrűség között lineáris kapcsolat van, akkor az ötvözet sűrűségének a következőnek kellene lennie (1 pont):

$$\rho_{\text{mol}\%} = 0,74383 \cdot \rho_{\text{Au}} + 0,25617 \cdot \rho_{\text{Cu}} = 0,74383 \cdot 19,2993\text{g}/\text{cm}^3 + 0,25617 \cdot 8,9203\text{g}/\text{cm}^3 = 16,6405\text{g}/\text{cm}^3$$

Ez az értékes jegyek indokolt számát is figyelembe véve pontosan megegyezik a mérttel. Így tehát a mólszázalék és a sűrűség között van lineáris kapcsolat (1 pont).

A Krugerrand érmében mért 17,0188 g/cm<sup>3</sup> sűrűség így a következő mol%-os összetételnek felel meg (1 pont):

$$A_{\text{mol}\%} = \frac{17,0188\text{g}/\text{cm}^3 - 8,9203\text{g}/\text{cm}^3}{19,2993\text{g}/\text{cm}^3 - 8,9203\text{g}/\text{cm}^3} \cdot 100\% = 78,028\%$$

$$C_{\text{mol}\%} = 100\% - 78,028\% = 21,972\%$$

Ennek a mol%-os összetételnek a következő a tömeg% felel meg (1 pont):

$$\text{Autötömeg\%} = \frac{0,78028 \cdot 196,967 \text{ g/mol}}{0,78028 \cdot 196,967 \text{ g/mol} + 0,21972 \cdot 63,546 \text{ g/mol}} \cdot 100\% = 91,672\%$$

$$\text{Cumol\%} = 100\% - 91,672\% = 8,328\%$$

Egy Krugerrandban lévő arany, vagyis egy nemesfémuncia tömege így (1 pont):

$$m_{\text{nemesfémuncia}} = 0,91672 \cdot 33,9295 \text{ g} = 31,104 \text{ g}$$

Összesen: 17 pont

(5) A 2010. október 4-én bekövetkezett „vörösizap-katasztrófa” Magyarország eddigi legnagyobb ökológiai következményekkel járó ipari katasztrófája. A vörösizap a bauxitból kiinduló alumíniumgyártás mellékterméke. A környezeti károknak és a katasztrófát elszenvedő lakosság sérülésének oka a területet elárasztó vörösizap magas (12-14 körüli) pH értéke, azaz a folyadék erősen lúgos kémhatása. Környezetbarát megoldás lehetne, ha a levegőben lévő CO<sub>2</sub>-tartalmat fel tudnánk használni a lúg semlegesítésére.

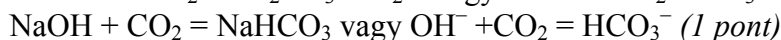
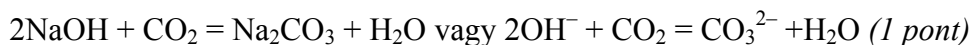
Számítsa ki, hogy egy 600 m<sup>3</sup>, 13,00-as pH-jú NaOH-oldat kémhatását (a) hány m<sup>3</sup> szén-dioxid, és (b) hány m<sup>3</sup> 390 ppm (ppm: milliomod rész, azaz pl. 1 millió m<sup>3</sup> levegőben 1 m<sup>3</sup> CO<sub>2</sub>) CO<sub>2</sub>-tartalmú levegő átbuborékolásával lehetne 11,50-es értékre lecsökkenteni 10°C-on, atmoszférikus nyomáson. Feltételezzük azt, hogy a levegő CO<sub>2</sub>-tartalma teljes mértékben elnyelődik az oldatban. (M<sub>C</sub>: 12 g/mol, M<sub>O</sub>: 16 g/mol, M<sub>H</sub>: 1 g/mol)

A szénsav első savi disszociációs állandója:  $K_1(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4,3 \times 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$ ,  
a szénsav második savi disszociációs állandója:  $K_2(\text{H}_2\text{CO}_3) = 6,3 \times 10^{-11} \text{ mol/dm}^3$ .

Összesen: 18 pont

Megoldás:

A NaOH-oldatban elnyeletett CO<sub>2</sub>, semlegesíti a NaOH egy részét. (1 pont)



Miközben a pH 13,00 értékről lecsökken 11,50 értékre ( $[\text{H}^+] = 3,16 \times 10^{-12} \text{ M}$ ), azaz a pOH=1,00 ( $[\text{OH}^-] = 10^{-1} \text{ M}$ ) értékről pOH=2,50-ra ( $[\text{OH}^-] = 3,16 \times 10^{-3} \text{ M}$ ) változik,  $5,810 \times 10^4 \text{ mol}$  NaOH semlegesítődik. (1 pont)

$$n_{\text{kiind}} = (10^{-1} \text{ M}) \times (6 \times 10^5 \text{ dm}^3) = 6,000 \times 10^4 \text{ mol} \text{ (1 pont)}$$

$$n_{\text{vég}} = (3,16 \times 10^{-3} \text{ M}) \times (6 \times 10^5 \text{ dm}^3) = 1,90 \times 10^3 \text{ mol} \text{ (1 pont)}$$

11,50-es pH-n a szénsav CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> és HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> formában van jelen az oldatban (a H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> mennyisége elhanyagolható). (2 pont)

$$K_2 = \frac{[\text{CO}_3^{2-}][\text{H}^+]}{[\text{HCO}_3^-]} \text{ (1 pont)}$$

$$\frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]} = \frac{K_2}{[\text{H}^+]} = \frac{(6,3 \times 10^{-11} \text{ M})}{(3,16 \times 10^{-12} \text{ M})} = 19,92 \text{ (2 pont)}$$

azaz az oldatban a két forma aránya:  $n(\text{CO}_3^{2-})/n(\text{HCO}_3^-) = 19,92$ .

$x \text{ mol CO}_3^{2-}$   $2x \text{ mol NaOH}$  fogyással ekvivalens, míg  $y \text{ mol HCO}_3^-$  ugyanannyi, azaz  $y \text{ mol NaOH}$  fogyással volt ekvivalens.

$$(1) \text{ NaOH fogyás: } 5,810 \times 10^4 \text{ mol} = 2x + y \text{ (1 pont)}$$

$$(2) x = 19,92y \text{ (1 pont)}$$

$$5,810 \times 10^4 \text{ mol} = 40,84y$$

$$y = 1,423 \times 10^3 \text{ mol} \text{ (1 pont)}$$

Az elnyelt CO<sub>2</sub> anyagmennyisége ( $x+y=20,92y$ )  $2,976 \times 10^3$  mol (1 pont), térfogata  $V = (2,976 \times 10^3 \text{ mol} \times 8,314 \text{ J/mol/K} \times 283 \text{ K}) / (101325 \text{ Pa}) = \underline{691,1 \text{ m}^3}$  (1 pont)

390 ppm CO<sub>2</sub>-tartalmú levegő esetében a  $691,1 \text{ m}^3$  CO<sub>2</sub> a 0,039 térfogat%-nak felel meg (1 pont). Tehát ebből a levegőből  $1,772 \times 10^6 \text{ m}^3$ -t kell átbuborékoltatni az oldaton (1 pont).

*Összesen: 18 pont*

(6) Egy telített egyértékű alkoholból és egy egyszeresen telítetlen nyíltláncú monokarbonsavból észtert készítünk. Tudjuk, hogy az észterben kétszer annyi hidrogén van, mint a karbonsavban. Azt is tudjuk, hogy a karbonsav és az észter relatív móltömegeinek aránya 18:25. Számítsa ki a komponensek összegképletét és adja meg az alkohol, a karbonsav és az észter nevét! ( $M_C$ : 12 g/mol,  $M_O$ : 16 g/mol,  $M_H$ : 1 g/mol)

*Összesen: 10 pont*

*Megoldás:*

Általános összegképletek: sav  $C_nH_{2n-2}O_2$ , alkohol  $C_xH_{2x+2}O$ , észter  $C_nH_{2n-2}O_2$   $C_xH_{2x}$ . (3 pont)

A hidrogénekből:  $2n - 2 + 2x = 2(2n - 2)$ , ebből  $n = x + 1$  (2 pont)

Ezt behelyettesítve a sav és észter általános képletébe.

A tömeg%-ból felírható:  $(28x + 44) / (14x + 44) = 100/72$ , ebből  $x = 2$ . (2 pont)

Az összegképletek, nevek: sav:  $C_3H_4O_2$  akrilsav (propénsav) alkohol:  $C_2H_6O$ , etanol, észter:  $C_5H_8O_2$ , etil-akrilát (etil-propenoát). (3 pont)

*Összesen: 10 pont*