

# V Podkarpacki Konkurs Chemiczny – 2012/2013

ETAP I – 12.11.2012 r. Godz. 10.00-12.00



**Uwaga!** Masy molowe pierwiastków podano na końcu zestawu.

## Zadanie 1

1. Atomy tego samego pierwiastka mogą różnić się:

- a)  konfiguracją elektronową
- b)  liczbą elektronów walencyjnych
- c)  ładunkiem jądra
- d)  liczbą neutronów w jądrze

2. Cyna ( ${}_{50}\text{Sn}$ ) jest pierwiastkiem należącym do grupy pierwiastków o strukturze walencyjnej:

- a)   $ns^2$
- b)   $ns^2p^2$
- c)   $ns^2p^4$
- d)   $ns^2p^6$

3. Masa molowa cyny wynosi  $M_{\text{Sn}} = 118,69 \text{ g/mol}$ . Jeden atom cyny ma masę:

- a)   $7,88 \times 10^{-22} \text{ g}$
- b)   $1,97 \times 10^{-22} \text{ g}$
- c)   $118,69 \text{ g}$
- d)   $1,18 \times 10^{-25} \text{ kg}$

4. Masa glinu zawierająca tyle samo atomów co 5,00 g żelaza wynosi:

- a)  1,1 g
- b)  7,2 g
- c)  5,3 g
- d)  2,4 g

(  $M_{\text{Al}} = 26,98 \text{ g/mol}$ ,  $M_{\text{Fe}} = 55,85 \text{ g/mol}$  )

$$n_{\text{Fe}} = \frac{5,00 \text{ g}}{55,85 \text{ g/mol}} = 0,0895 \text{ mol} = n_{\text{Al}}, \text{ więc } m_{\text{Al}} = 0,0895 \text{ mol} \cdot 26,98 \text{ g/mol} = 2,4 \text{ g}$$

5. Jaki jest wzór tlenku żelaza, jeżeli po spaleniu 2,1 g żelaza w tlenie otrzymano 2,9 g tlenku?

- a)  FeO
- b)  Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- c)  Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>
- d)  FeO<sub>3</sub>

Zawartość tlenu w tlenku żelaza wynosi:  $m_{\text{O}} = 2,9 \text{ g} - 2,1 \text{ g} = 0,8 \text{ g}$ , co stanowi  $n_{\text{O}} = 0,05 \text{ mol}$

a ilość moli żelaza  $n_{\text{Fe}} = (2,1 \text{ g} / 55,85 \text{ g/mol}) = 0,0376 \text{ mol}$

$n_{\text{Fe}} : n_{\text{O}} = 0,0376 : 0,05 = 1:1,33 = 3:4$

wzór tlenku Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>.

6. Dla substancji gazowej zmiana warunków normalnych na warunki o parametrach

$T = 819 \text{ K}$  i  $p = 3039 \text{ hPa}$  spowoduje, że objętość gazu:

- a)  zwiększy się trzykrotnie
- b)  zmaleje trzykrotnie
- c)  nie ulegnie zmianie
- d)  zwiększy się dwukrotnie.

Korzystamy z zależności  $\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{p_1 V_1}{T_1}$ , stąd  $V_1 = \frac{p_0 V_0 T_1}{T_0 p_1} = \frac{1013 \cdot 22,4 \cdot 819}{273 \cdot 3039} = 22,4 \text{ dm}^3$

a więc objętość gazu nie ulegnie zmianie.

7. Który/które z wymienionych kationów:  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  tworzą się wyłącznie w wyniku utraty elektronów z podpowłok s i p ?

- a)  wszystkie jony trójdotatnie
- b)  tylko kation glinu
- c)  kation magnezu i baru
- d)  wszystkie wymienione kationy

8. Po dodaniu fenoloftaleiny do roztworu NaOH roztwór zabarwił się na malinowo, a po przepuszczeniu przez niego różnych gazów, roztwór odbarwił się. Odbarwienie roztworu powodowało wprowadzenie gazu:

- a)   $\text{SO}_2$  lub  $\text{CO}_2$
- b)   $\text{CO}$  lub  $\text{NH}_3$
- c)   $\text{N}_2$  lub  $\text{O}_2$
- d)  wszystkich wymienionych gazów

9. Po dodaniu wody do 0,1 molowego roztworu kwasu octowego:

- a)  stała i stopień dysocjacji nie ulegną zmianie
- b)  znacznie wzrośnie stała i stopień dysocjacji
- c)  stała dysocjacji nie zmieni się, natomiast wzrośnie stopień dysocjacji
- d)  znacznie wzrośnie stała dysocjacji, natomiast stopień dysocjacji nie zmieni się

10. Rozpuszczalność  $\text{NH}_4\text{Cl}$  w temperaturze  $50^\circ\text{C}$  wynosi  $50\text{g}/100\text{g H}_2\text{O}$ , a w temperaturze  $0^\circ\text{C}$   $30\text{g}/100\text{g H}_2\text{O}$ . Jaka ilość soli wydzieli się z  $200 \text{ g}$  nasyconego roztworu  $\text{NH}_4\text{Cl}$  po ochłodzeniu go od  $50^\circ\text{C}$  do temperatury  $0^\circ\text{C}$ ?

- a)   $20 \text{ g NH}_4\text{Cl}$
- b)   $15 \text{ g NH}_4\text{Cl}$
- c)   $26 \text{ g NH}_4\text{Cl}$
- d)   $40 \text{ g NH}_4\text{Cl}$

Stężenie procentowe roztworu w temperaturze  $50^\circ\text{C}$  wynosi  $50\text{g}/150\text{g} = 0,33$  tj  $33\%$  a po schłodzeniu i wydzieleniu osadu stężenie roztworu zmniejszy się do  $30\text{g}/130\text{g} = 0,23$  tj  $23\%$ .

W  $200 \text{ g}$  roztworu jest  $200 \times 0,33 = 66 \text{ g}$  soli i  $134\text{g}$  wody. Ta sama ilość wody będzie w roztworze o stężeniu  $23\%$ .

Obliczamy masę soli w roztworze  $23\%$ :  $23 \text{ g NH}_4\text{Cl} \text{ ----} 77 \text{ g H}_2\text{O}$

$x \text{ ----} 134\text{g H}_2\text{O}, \quad x = 40 \text{ g NH}_4\text{Cl}$

Masa wydzielonej soli  $66 \text{ g} - 40 \text{ g} = 26 \text{ g}$

**Łącznie zadanie 1: 10 pkt**



$$V_1 = (V_0 \cdot T_1) / T_0$$

$$V_1 = (2500 \cdot 573) / 273 = \mathbf{5248 \text{ m}^3}$$

2 pkt

ad. b)

$$M_{\text{CaCO}_3} = 100 \text{ g/mol}$$

Zawartość  $\text{CaCO}_3$  w wapieniu – 95%, stąd do reakcji tworzenia  $\text{CaSO}_4$  wykorzystano

$$3000 \cdot 0,95 = 2850 \text{ kg CaCO}_3$$

1 pkt

Liczba moli  $\text{CaCO}_3$ :

$$n_{\text{CaCO}_3} = 2850 / 100 = 28,5 \cdot 10^3 \text{ mol}$$

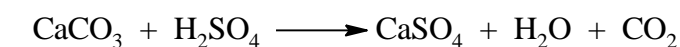
1 pkt

Liczba moli  $\text{H}_2\text{SO}_4$  w 98% roztworze:

$$2800 \text{ kg} \cdot 0,98 = 2744 \text{ kg}$$

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 2744 / 98 = 28 \cdot 10^3 \text{ mol}$$

1 pkt



$$28,5 \text{ moli} \quad 28 \text{ moli} \quad \quad 28 \text{ moli}$$

1 pkt

$$M_{\text{CaSO}_4} = 136 \text{ g/mol}$$

Masa wyprodukowanego siarczanu(VI) wapnia:

$$m = 28 \cdot 10^3 \text{ mol} \cdot 136 \text{ g/mol} = \mathbf{3808 \text{ kg}}$$

1 pkt

Łącznie zadanie 2: 14 pkt

### Zadanie 3

Siarka ( ${}_{16}\text{S}$ ) występuje w przyrodzie zarówno w stanie wolnym, jak i postaci związków nieorganicznych i organicznych. Ważniejsze związki siarki to kwas siarkowy(VI), kwas siarkowy(IV), siarkowódzór oraz ich sole (odpowiednio siarczany(VI), siarczany(IV), siarczki), tlenek siarki(VI), tlenek siarki(IV). Znane są również: tlenek siarki(I)  $\text{S}_2\text{O}$ , tlenek siarki(II)  $\text{SO}$  i nadtlenek siarki  $\text{SO}_4$ . Jest także niezbędna do życia będąc składnikiem aminokwasów białkowych cysteiny, cystyny i metioniny, peptydów, białek, i niektórych witamin. Jako pierwiastek posiada kilka odmian alotropowych. Ma cztery izotopy trwałe:  ${}^{32}\text{S}$  – 95%,  ${}^{33}\text{S}$  – 0,75%,  ${}^{34}\text{S}$  – 4,2%,  ${}^{36}\text{S}$  – 0,017%.

- Podaj nazwy dwóch odmian alotropowych siarki.
- Zapisz konfigurację elektronową atomu siarki w stanie podstawowym w formie pełnej i w formie skróconej.
- Wykorzystując „diagram klatkowy” zapisz konfigurację atomu siarki w pierwszym i drugim stanie wzbudzonym.
- Oblicz masę atomową siarki z dokładnością do trzech miejsc po przecinku, przyjmując że siarka pierwiastkowa składa się wyłącznie z izotopów trwałych.
- Narysuj wzory elektronowe tlenków siarki  $\text{SO}_2$  i  $\text{SO}_3$  oraz kwasu nadnienodisiarkowego(VI)  $/\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8/$ .
- Wykorzystując metodę VSEPR określ rodzaj hybrydyzacji atomu centralnego oraz symetrię drobiny w przypadku jonu  $\text{SO}_4^{2-}$  oraz cząsteczki  $\text{SF}_4$ .
- Stopień dysocjacji to stosunek liczby moli cząsteczek danego związku chemicznego, które uległy rozpadowi do łącznej liczby moli cząsteczek tego związku, znajdującego się w roztworze, fazie gazowej lub stopie, w którym zaszedł proces.

W wysokiej temperaturze tlenek siarki(VI) ulega dysocjacji termicznej według równania:  
 $2\text{SO}_{3(\text{g})} \rightleftharpoons 2\text{SO}_{2(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})}$ . Próbkę tlenku siarki(VI) o masie 32 g ogrzano w zamkniętym

naczyniu do temperatury 1000 K pod normalnym ciśnieniem. Po ustaleniu się stanu równowagi gęstość mieszaniny poreakcyjnej wynosiła 0,835 g/dm<sup>3</sup>. Zakładając, że wszystkie gazy można traktować jako gazy doskonałe, oblicz stopień dysocjacji termicznej SO<sub>3</sub> w podanych warunkach. (Obliczenia wykonaj z dokładnością do trzeciego miejsca po przecinku).

**Przykładowe rozwiązanie:**

a) Za podanie dwóch poprawnych nazw odmian alotropowych siarki:

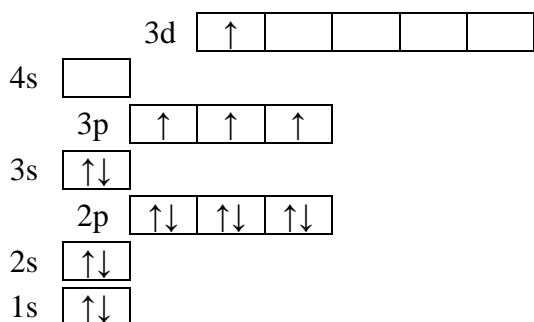
np. „siarka rombowa”, „siarka jednoskośna” lub „siarka żółta”, „polisiarka”, „siarka plastyczna”, „siarka bezpostaciowa” 2x0,5 pkt. =1 pkt

*Za poprawne należy uznać inne zapisy np. „siarka α” „S<sub>α</sub>” czy „kwiat siarczany”. W przypadku podania więcej niż dwóch nazw, w tym nazwy błędnej należy odjąć liczbę punktów proporcjonalnie do liczby błędnych zapisów.*

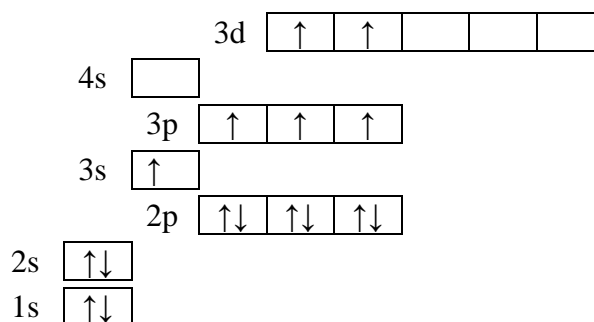
b) Za poprawny zapis konfiguracji elektronowej w formie pełnej i skróconej:

1s<sup>2</sup>2s<sup>2</sup>2p<sup>6</sup>3s<sup>2</sup>3p<sup>4</sup> 1 pkt  
 [Ne] 3s<sup>2</sup>3p<sup>4</sup> 1 pkt

c) Za poprawne przedstawienie diagramu klatkowego obrazującego pierwszy i drugi stan wzbudzony atomu siarki:



pierwszy stan wzbudzony



drugi stan wzbudzony

2x1 pkt. =2 pkt

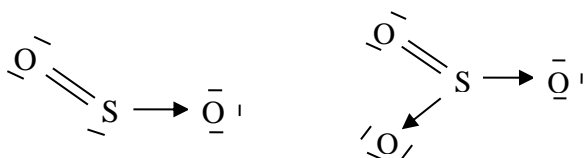
*Za poprawny uznaje się również zapis z odwróconymi grotami strzałek o ile jest on zgodny z regułą Hunda i zakazem Pauliego oraz zapis klatkowy w wersji "liniowej".*

d) Za poprawne obliczenie masy atomowej siarki:

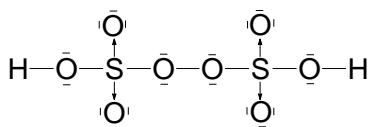
$$M_s = \frac{32 \cdot 95\% + 33 \cdot 0,75\% + 34 \cdot 4,2\% + 36 \cdot 0,017\%}{100\%} = 32,082u \quad \text{2 pkt}$$

*Podanie masy atomowej siarki bez obliczeń nie skutkuje przyznaniem punktu. Błędna jednostka lub jej brak powoduje utratę punktu.*

e) Za poprawne narysowanie wzorów elektronowych:



2 x 1 pkt = 2 pkt



2 pkt

*Pary elektronowe mogą być przedstawiane w postaci dwóch kropek.*

*Narysowanie wzoru SO<sub>2</sub>, w którym atomy budujące drobinę tworzą linię prostą jest błędem powodującym utratę punktu.*

f) Za poprawne określenie rodzaju hybrydyzacji oraz symetrii drobinę z wykorzystaniem metody VSEPR:



$$L_{ewal.} = 6 + 4 \cdot 6 + 2 = 32$$

$$L_{wpe} = \frac{1}{2} \cdot 32 - 4 \cdot 4 - 0 = 0$$

$$L_h = 0 + 4 + 0 = 4$$

Rodzaj hybrydyzacji atomu centralnego; **sp<sup>3</sup>**

1 pkt

Kształt drobiny: (idealny) **tetraedr**

1 pkt



$$L_{ewal.} = 6 + 4 \cdot 7 = 34$$

$$L_{wpe} = \frac{1}{2} \cdot 34 - 4 \cdot 4 - 0 = 1$$

$$L_h = 1 + 4 + 0 = 5$$

Rodzaj hybrydyzacji atomu centralnego; **sp<sup>3</sup>d<sup>1</sup>**

1 pkt

Kształt drobiny: (zdeformowany) **tetraedr**

1 pkt

*Zapis w nawiasie nie jest wymagany.*

g) Za poprawne rozwiązanie zadania:

Zakładając doskonałość gazów możemy skorzystać z równania Clapeyrona:

$$pV = nRT$$

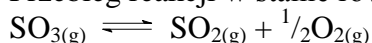
$$pV = \frac{m}{M}RT \quad \text{stąd: } M = \frac{mRT}{pV} \quad \text{czyli: } M = \rho \frac{RT}{p}$$

1 pkt

$$M_{\text{śred}} = 0,835 \frac{\text{g}}{10^{-3} \text{m}^3} \frac{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 1000 \text{K}}{1,013 \cdot 10^5 \text{Pa}} = 68,53 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

1pkt

Przebieg reakcji w stanie równowagi opisuje równanie:



}

1pkt

Ponieważ masa wyjściowa wynosi 32 g stanowi to  $\frac{32 \text{ g}}{80 \text{ g/mol}} = 0,4 \text{ mol SO}_3$ :

Oznaczając przez  $\alpha$  stopień dysocjacji możemy uzupełnić tabelkę bilansu:

I – liczby moli reagentów w stanie wyjściowym

II – liczby moli reagentów, które przereagowały

III – liczby moli reagentów w stanie równowagi

	I	II	III
SO <sub>3</sub>	0,4	0,4· $\alpha$	0,4 – 0,4· $\alpha$
SO <sub>2</sub>	-	-	0,4· $\alpha$
O <sub>2</sub>	-	-	$\frac{1}{2}$ ·0,4· $\alpha$

2 pkt

Suma liczby moli w stanie równowagi wyniesie:

$$\sum_{n_i} = 0,4 - 0,4 \cdot \alpha + 0,4 \cdot \alpha + \frac{1}{2} \cdot 0,4 \cdot \alpha = 0,4 + 0,2 \cdot \alpha$$

1 pkt

Masy molowe poszczególnych składników mieszaniny równowagowej:

$$M_{SO_3} = 80,06 \frac{g}{mol} \quad M_{SO_2} = 64,06 \frac{g}{mol} \quad M_{O_2} = 32,00 \frac{g}{mol}$$

Średnia masa molowa mieszaniny to:

$$M_{\text{śred}} = \frac{0,4 - 0,4 \cdot \alpha}{0,4 + 0,2 \cdot \alpha} M_{SO_3} + \frac{0,4 \cdot \alpha}{0,4 + 0,4 \cdot \alpha} M_{SO_2} + \frac{0,2 \cdot \alpha}{0,4 + 0,2 \cdot \alpha} M_{O_2}$$

Przekształcając mamy:

$$M_{\text{śred}} = \frac{(0,4 - 0,4 \cdot \alpha) \cdot M_{SO_3} + 0,4 \cdot \alpha \cdot M_{SO_2} + 0,2 \cdot \alpha \cdot M_{O_2}}{0,4 + 0,2 \cdot \alpha}$$

2 pkt

$$68,53 \frac{g}{mol} = \frac{(0,4 - 0,4 \cdot \alpha) \cdot 80,06 \frac{g}{mol} + 0,4 \cdot \alpha \cdot 64,06 \frac{g}{mol} + 0,2 \cdot \alpha \cdot 32,00 \frac{g}{mol}}{0,4 + 0,2 \cdot \alpha}$$

2 pkt

Stąd:  $\alpha = 0,337$

1 pkt

*W przypadku błędnego zaokrąglenia odejmujemy jeden punkt.*

*Zaokrąglenie nas molowych do liczb całkowitych skutkuje utratą jednego punktu.*

*Za każdy inny logiczny i spójny sposób rozwiązania zadania prowadzący do poprawnego wyniku należy przyznać komplet punktów.*

Łącznie zadanie 3: 26 pkt

**Masa molowa (g/mol):** H - 1, C - 12, O - 16, S - 32, Ca - 40, Al - 26,98, Fe - 55,85.