

XII Ogólnopolski Podkarpacki Konkurs Chemiczny – 2019/2020

ETAP I – 7.11.2019 r.

Godz. 10.00-12.00



Uwaga! Masy molowe pierwiastków podano na końcu zestawu.

Zadanie 1 (16 pkt)

1. Decydujący wpływ na masę atomu mają:

- a) tylko neutrony
- b) tylko protony
- c) tylko elektrony
- d) **tylko nukleony**

2. Które z wymienionych kationów: Mg^{2+} , Al^{3+} , Ba^{2+} , Cr^{3+} , Fe^{3+} , tworzą się wyłącznie w wyniku utraty elektronów z podpowłok s i p:

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

3. W związku chemicznym Pb_3O_4 :

- a) wszystkie atomy ołowiu są IV-wartościowe
- b) wszystkie atomy ołowiu są II-wartościowe
- c) **jeden atom ołowiu jest IV-wartościowy, a dwa atomy ołowiu są II-wartościowe**
- d) jeden atom ołowiu jest II-wartościowy, a dwa atomy ołowiu są IV-wartościowe

4. Podczas ogrzewania substancji barwy zielonej jako produkty otrzymano: I - tlenek miedzi(II), II - związek chemiczny powodujący zmianę barwy bezwodnego $CuSO_4$ z białej na niebieską, III - substancję powodującą zmętnienie wody wapiennej. Rozkładowi poddano:

- | | |
|--|--|
| a) <input type="checkbox"/> wodorotlenek miedzi(II) | Reakcja rozkładu:
$Cu_2(OH)_2CO_3 \rightarrow 2CuO + H_2O + CO_2$ |
| b) <input type="checkbox"/> węglan miedzi(II) | |
| c) <input type="checkbox"/> siarczan(VI) miedzi(II) | |
| d) <input checked="" type="checkbox"/> zasadowy węglan miedzi(II) | |

5. Do czynników mających wpływ na szybkość reakcji chemicznej zaliczamy:

- a) tylko stężenie substratów
- b) stężenie substratów i temperaturę
- c) temperaturę i katalizatory
- d) **stężenie substratów, temperaturę i katalizatory**

6. 60% wodny roztwór H_2SO_4 o gęstości $d = 1,5 \text{ g/cm}^3$ ma stężenie molowe:

- a) około $1,15 \text{ mol/dm}^3$ | $1 \text{ cm}^3 \text{ r-ro} - 1,5 \text{ g} - 1,5 \text{ g} \cdot 0,6 = 0,9 \text{ g } H_2SO_4 \Rightarrow n = 0,9 \text{ g} / 98 \text{ g/mol} = 9,18 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$
 b) około $4,59 \text{ mol/dm}^3$
 c) około $21,3 \text{ mol/dm}^3$ | $1000 \text{ cm}^3 \text{ roztworu} - 9,18 \text{ mol } H_2SO_4$
 d) **około $9,18 \text{ mol/dm}^3$**

7. W 4 zlewkach znajdowały się wymienione poniżej roztwory. Który z nich zostanie zobojętniony po dodaniu 50 cm^3 0,5-molowego roztworu H_2SO_4 ?

- a) 50 cm^3 2 molowego NaOH
 b) 100 cm^3 1 molowego NaOH
 c) **100 cm^3 0,5 molowego roztworu NaOH**
 d) roztwór zawierający 4 g NaOH
- Reakcja zobojętnienia:
 $2NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O$
 Liczba milimoli kwasu siarkowego(VI)
 $n_{\text{kwasu}} = 50 \text{ cm}^3 \cdot 0,5 \text{ mmol/cm}^3 = 25 \text{ mmol}$
 Liczba mmol zasady: $n_{\text{zasada}} = 2 \cdot n_{\text{kwasu}}$

8. Jeżeli metal wypiera wodór z wodnych roztworów kwasów oraz z roztworu $Pb(NO_3)_2$, to należy sądzić, że:

- a) jego potencjał normalny ma wartość ujemną
 b) ma niższy potencjał normalny niż ołów
 c) jest silniejszym reduktorem od ołowiu i wodoru
 d) **wszystkie podane wyżej stwierdzenia są prawdziwe**

9. W naczyniu zamkniętym, naświetlanym lampą UV w temperaturze 60°C , poddano reakcji mieszaninę złożoną z 5 cm^3 wodoru i 5 cm^3 chloru, w której zużyły się całkowicie obydwa substraty. Wskaż poprawną odpowiedź:

- a) Liczba cząsteczek produktu reakcji jest równa sumie cząsteczek poszczególnych substratów
 b) W tej samej temperaturze po reakcji ciśnienie w naczyniu nie uległo zmianie
 c) Otrzymany produkt reakcji jest w stanie gazowym
 d) **Wszystkie podane wyżej stwierdzenia są prawdziwe**

10. Stężony kwas siarkowy(VI) wykazuje właściwości odwadniające w reakcji z:

- a) **glukozą**
 b) tlenkiem miedzi(II)
 c) glinem
 d) zasadą sodową

11. Ile w przybliżeniu dm^3 powietrza potrzeba do całkowitego spalania 1 dm^3 amoniaku w warunkach normalnych?

- a) 3 dm^3
 b) 4 dm^3
 c) **6 dm^3**
 d) 8 dm^3
- Reakcja spalania amoniaku: $4NH_3 + 5O_2 \rightarrow 4NO + 6H_2O$
 Ze stechiometrii reakcji: $4 \text{ mol } NH_3 - 4 \cdot 22,4 \text{ dm}^3 NH_3 - 5 \cdot \text{mol } O_2 - 5 \cdot 22,4 \text{ dm}^3 O_2$
 $1 \text{ dm}^3 NH_3 \quad \quad \quad - \quad \quad \quad x \text{ dm}^3; \quad x = 1,25 \text{ dm}^3 O_2$
 $1 \text{ dm}^3 \text{ powietrza} - 0,21 \text{ dm}^3 O_2$
 $x \quad \quad \quad - 1,25 \text{ dm}^3 O_2, \text{ stąd } x = 5,95 \sim 6 \text{ dm}^3$

12. Które z poniższych soli nie ulegają hydrolizie?

- a) **bromek potasu**
 b) siarczan(VI) glinu
 c) azotan(V) żelaza(II)
 d) węglan sodu

13. Pewien tlenek chloru w warunkach normalnych ma gęstość $3,01 \text{ g/dm}^3$. Tlenkiem tym jest

- | | | | |
|----|-------------------------------------|----------------------------------|--|
| a) | <input type="checkbox"/> | Cl_2O_7 | $Masa \text{ molowa } \text{ClO}_2 = 35,5 + 2 \cdot 16 = 67,5 \text{ g/mol}$
$Gęstość \text{ ClO}_2: d = \frac{67,5 \text{ g/mol}}{22,4 \text{ dm}^3/\text{mol}} = 3,01 \text{ g/dm}^3$ |
| b) | <input checked="" type="checkbox"/> | ClO_2 | |
| c) | <input type="checkbox"/> | Cl_2O | |
| d) | <input type="checkbox"/> | ClO | |

14. Która z poniższych substancji używana jest w aparatach tlenowych jako źródło tlenu, ponieważ pochłania wydychany dwutlenek węgla i wodę?

- | | | |
|----|-------------------------------------|---------------------------------|
| a) | <input type="checkbox"/> | K_2O |
| b) | <input checked="" type="checkbox"/> | KO_2 |
| c) | <input type="checkbox"/> | K_2O_2 |
| d) | <input type="checkbox"/> | KOH |

15. Nieprawdą jest, że:

- | | | |
|----|-------------------------------------|---|
| a) | <input checked="" type="checkbox"/> | srebro nie przewodzi prądu i ciepła |
| b) | <input type="checkbox"/> | węgiel jest niemetałem o barwie czarnej |
| c) | <input type="checkbox"/> | złoto jest metalem kowalnym i ciągliwym |
| d) | <input type="checkbox"/> | platyna w formie bezpostaciowej jest czarna |

16. Który zestaw substancji to związki ulegające wielostopniowej dysocjacji?

- | | | |
|----|-------------------------------------|--|
| a) | <input type="checkbox"/> | $\text{H}_2\text{S}, \text{Ca}(\text{NO}_3)_2, \text{NaCl}$ |
| b) | <input checked="" type="checkbox"/> | $\text{H}_3\text{PO}_4, \text{Al}(\text{OH})_3, \text{H}_2\text{CO}_3$ |
| c) | <input type="checkbox"/> | $\text{HCl}, \text{KBr}, \text{KCN}$ |
| d) | <input type="checkbox"/> | $\text{Na}_2\text{SO}_4, \text{NH}_4\text{Cl}, \text{HF}$ |

Całkowita ilość punktów 16 pkt

Zadanie 2 (14 pkt)

Substancja gazowa A_2 ulega dysocjacji zgodnie z równaniem $\text{A}_{2(\text{g})} \rightleftharpoons 2\text{A}_{(\text{g})}$. W zamkniętym izolowanym naczyniu o pojemności 6 dm^3 , w temperaturze 117°C , umieszczono $0,08$ mola A_2 . W stanie równowagi ciśnienie wewnątrz naczynia wynosiło $7 \cdot 10^4 \text{ Pa}$.

- Obliczyć stopień dysocjacji substratu oraz stałą stężeniową równowagi w tych warunkach.
- Obliczyć ułamki molowe $\text{A}_{2(\text{g})}$ i $\text{A}_{(\text{g})}$ w stanie równowagi.
- Obliczyć ciśnieniową stałą równowagi wiedząc, że ciśnienie całkowite gazów jest sumą ciśnień cząstkowych, a ciśnienia cząstkowe gazów są proporcjonalne do ich ułamków molowych.

Przykładowe rozwiązanie:

Ad a.

W naczyniu w stanie równowagi znajdowało się n moli mieszaniny gazów. Zgodnie z równaniem stanu gazu doskonałego ($pV = nRT$) n wynosi:

$$n = \frac{pV}{RT} = \frac{7 \times 10^4 \text{ Pa} \times 6 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{8,314 \frac{\text{Pa} \times \text{m}^3}{\text{mol} \times \text{K}} \times 390 \text{ K}} = 0,1295 \text{ mol} \quad (\text{A}_2, \text{A}) \quad 2 \text{ pkt}$$

Zmianę ilości moli substancji A₂ i A w układzie reakcyjnym obrazuje tabela:

	A ₂ [mol]	A [mol]
Początkowa ilość moli	0,08	0
Zmiana liczby moli w wyniku reakcji	-y	+2y
Liczba moli w stanie równowagi	0,08 - y	2y

2 pkt

Ponieważ całkowita liczba moli gazów (A₂, A) w stanie równowagi wynosi:

$$n = 0,08 - y + 2y = 0,08 + y = 0,1295 \text{ mol}, \quad 1 \text{ pkt}$$

zatem ilość moli przereagowanego substratu A₂ wynosi: $y = 0,0495 \text{ mol}$ 1 pkt

Stożenie dysocjacji substratu A₂ wynosi: $\alpha = \frac{0,0495}{0,08} = 0,6188$ 1 pkt

Stała stężeniowa dysocjacji A₂ badanej reakcji:

$$K_c = \frac{[\text{A}]^2}{[\text{A}_2]} = \frac{\left(\frac{2 \times 0,0495}{6}\right)^2}{(0,08 - 0,0495)} = 0,0536 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \quad 3 \text{ pkt}$$

Ad b.

Stan równowagi.

Liczba moli gazowych składników w naczyniu:

$$n_{\text{A}_2} = 0,08 - y = 0,08 - 0,0495 = 0,0305 \text{ mol}$$

$$n_{\text{A}} = 2 \cdot 0,0495 = 0,0990 \text{ mol}$$

$$\text{Ułamek molowy A}_2: x_{\text{A}_2} = \frac{0,0305}{0,1295} = 0,236$$

$$\text{Ułamek molowy A: } 1 - 0,236 = 0,764 \quad 2 \text{ pkt}$$

Ad c.

Ciśnienia cząstkowe gazów (A₂, A) w stanie równowagi:

$$p_{\text{A}_2} = x_{\text{A}_2} \cdot p_c = 0,236 \cdot 7 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 1,652 \cdot 10^4 \text{ Pa} \quad \text{gdzie } p_c \text{ - ciśnienie całkowite}$$

$$p_{\text{A}} = x_{\text{A}} \cdot p_c = 0,764 \cdot 7 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 5,348 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

Ciśnieniowa stała równowagi

$$K_p = \frac{p_{\text{A}}^2}{p_{\text{A}_2}} = \frac{x_{\text{A}}^2 \cdot p_c^2}{x_{\text{A}_2} \cdot p_c} = \frac{(5,348 \cdot 10^4)^2}{1,652 \cdot 10^4} = 1,73 \cdot 10^5 \text{ Pa} \quad 2 \text{ pkt}$$

Całkowita ilość punktów 14 pkt

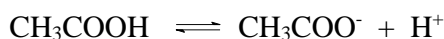
Zadanie 3 (16 pkt)

Wykonaj obliczenia dotyczące równowag jonowych w roztworach kwasu octowego ($K_a = 1,86 \cdot 10^{-5}$, temp. 25°C) i udziel odpowiedzi.

- (i) Jakie jest stężenie jonów wodorowych w 300 cm^3 0,2 molowego roztworu kwasu octowego?
- (ii) Jakie jest stężenie jonów wodorowych w roztworze (i) do którego dodano 1 g jonów octanowych w postaci octanu sodu?
- (iii) Jak będzie stężenie jonów wodorowych, jeżeli do zbuforowanego roztworu (ii) wprowadzi się 9 mmol NaOH?
- (iv) Jak będzie stężenie jonów wodorowych, jeżeli do zbuforowanego roztworu (ii) wprowadzi się 9 mmol HCl?
- (v) Jaka jest wartość pH w każdym z wyżej wymienionych roztworów?

Przykładowe rozwiązanie

Ad (i)



Ponieważ $\frac{c_a}{K_a} = 0,2/1,86 \cdot 10^{-5} > 400$ spełniony jest warunek do korzystania ze wzoru uproszczonego prawa rozcieńczeń Ostwalda przy obliczeniu stopnia dysocjacji kwasu, który wynosi:

$$\alpha = \sqrt{K_a / c_a} = \sqrt{1,86 \cdot 10^{-5} / 0,2} = 9,6 \cdot 10^{-3} \quad 1 \text{ pkt}$$

Stężenie jonów wodorowych w roztworze kwasu wynosi:

$$[\text{H}^+] = c_a \cdot \alpha = 0,2 \cdot 9,6 \cdot 10^{-3} = 1,92 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3 \quad 2 \text{ pkt}$$

Ad (ii)

Utworzony roztwór jest roztworem buforowym. Masa molowa jonów octanowych: $M_{\text{CH}_3\text{COO}^-} = 59 \text{ g/mol}$. Stężenie jonów octanowych (stężenie soli) wprowadzonych do roztworu kwasu octowego wynosi:

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = \frac{\frac{1 \text{ g}}{59 \text{ g/mol}}}{0,3 \text{ dm}^3} = 0,0565 \text{ mol/dm}^3$$

Całkowite stężenie jonów octanowych w utworzonym roztworze buforowym wynosi:

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-]_c = (x + 0,0565) \text{ mol/dm}^3$$

zaś, stężenie niezdisocjowanego kwasu octowego wynosi:

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = (0,2 - x) \text{ mol/dm}^3$$

gdzie x – stężenie jonów octanowych pochodzących z dysocjacji kwasu octowego w stanie równowagi.

Wyrażenie na stałą dysocjacji kwasu octowego przyjmie postać:

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{x(x + 0,0565)}{(0,2 - x)} \quad (1)$$

Ponieważ wartość x jest mała (wprowadzone jony octanowe cofają dysocjację kwasu octowego), równanie (1) przyjmuje postać:

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{x(0,0565)}{0,2} = 1,86 \cdot 10^{-5} \quad (2)$$

$$\text{skąd } x = [\text{H}^+] = 6,58 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$$

3 pkt

lub obliczenia jak dla buforu kwaśnego: $pH = pK_a - \log(c_a/c_s) = 4,73 - \log(0,2/0,0565) = 4,18$
stąd $[H^+] = 6,58 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$

Ad (iii)

Po dodaniu 9 mmol NaOH do roztworu buforowego, stężenie jonów OH^- wynosi:

$$[OH^-] = 0,009 \text{ mol}/0,3 \text{ dm}^3 = 0,03 \text{ mol/dm}^3$$

Stężenie kwasu octowego i jonów octanowych w roztworze buforowym przyjmą nowe wartości zgodnie z przebiegiem reakcji (3):



$$[CH_3COOH] = (0,2 - 0,03) \text{ mol/dm}^3 = 0,17 \text{ mol/dm}^3$$

$$[CH_3COO^-] = (0,0565 + 0,03) \text{ mol/dm}^3 = 0,0865 \text{ mol/dm}^3.$$

Zatem:

$$K_a = \frac{[H^+][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} = \frac{[H^+](0,0865)}{0,17} = 1,86 \cdot 10^{-5}$$

Wartość stężenia jonów wodorowych w roztworze wynosi $[H^+] = 3,65 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$ 3 pkt

Ad (iv)

Po dodaniu 9 mmol HCl do roztworu buforowego, stężenie wprowadzonych jonów H^+ wynosi:

$$[H^+] = 0,009 \text{ mol}/0,3 \text{ dm}^3 = 0,03 \text{ mol/dm}^3$$

Stężenia kwasu octowego i jonów octanowych w roztworze buforowym przyjmą nowe wartości zgodnie z przebiegiem reakcji (4):



$$[CH_3COOH] = (0,2 + 0,03) \text{ mol/dm}^3 = 0,23 \text{ mol/dm}^3$$

$$[CH_3COO^-] = (0,0565 - 0,03) \text{ mol/dm}^3 = 0,0265 \text{ mol/dm}^3.$$

Zatem:

$$K_a = \frac{[H^+][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} = \frac{[H^+](0,0265)}{0,23} = 1,86 \cdot 10^{-5}$$

Obliczona wartość stężenia jonów wodorowych w roztworze wynosi $[H^+] = 1,61 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$ 3 pkt

Ad (v)

Wartości pH roztworu:

dla (i) $pH = -\log 1,92 \cdot 10^{-3} = 2,72$ 1 pkt

dla (ii) $pH = -\log 6,58 \cdot 10^{-5} = 4,18$ 1 pkt

dla (iii) $pH = -\log 3,65 \cdot 10^{-5} = 4,44$ 1 pkt

dla (iv) $\text{pH} = -\log 1,61 \cdot 10^{-4} = \mathbf{3,79}$

1 pkt

Całkowita ilość punktów 16 pkt

Masy molowe (g/mol): H – 1; C – 12; O – 16; S – 32; Cl – 35,5