

## LVIII Ogólnopolski Konkurs Chemiczny im. prof. Antoniego Swinarskiego

ETAP FINAŁOWY – CZĘŚĆ TEORETYCZNA 11 marca 2022 r.

**Równanie Nernsta**  $E = E_0 + \frac{RT}{zF} \ln \frac{[utl]}{[red]}$

**Równanie Clapeyrona**  $pv = nRT$

**Stała gazowa**  $R = 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

**Stała Faradaya:**  $F = 96484 \text{ C/mol}$

---

### Zadanie A (5 zadań × 4 pkt)

1. Oblicz (lub jak nie potrafisz – oszacuj odczyn – kwaśny? zasadowy?) pH roztworu  $\text{NaHSO}_3$  o stężeniu  $0,01 \text{ mol/dm}^3$ . (4 pkt)
2. Na zmiareczkowanie  $100 \text{ cm}^3$  roztworu  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  wobec fenoloftaleiny zużyto  $20 \text{ cm}^3$   $0,1 \text{ mol/dm}^3$   $\text{HCl}$ . Oblicz stężenie wyjściowego roztworu węglanu. (4 pkt)
3. Oblicz ilość (w mg)  $\text{H}_3\text{PO}_2$  ( $M = 66 \text{ g/mol}$ ), jeśli na zmiareczkowanie  $50 \text{ cm}^3$  tego kwasu zużyto  $10 \text{ cm}^3$   $\text{NaOH}$  o stężeniu  $0,1 \text{ mol/dm}^3$ . Oblicz pH próbki kwasu przed miareczkowaniem. Dla kwasu zaproponuj wzór Lewisa. (4 pkt)
4. W komorze katodowej elektrodializera umieszczono  $10 \text{ cm}^3$  zasady sodowej o stężeniu  $0,1 \text{ mol/dm}^3$ . Następnie prowadzono elektrodializę przy stałym natężeniu prądu. Po zakończonym procesie roztwór z komory katodowej przeniesiono do kolbki na  $500 \text{ cm}^3$  i dopełniono ją wodą do kreski. Z tej kolbki pobrano  $50 \text{ cm}^3$  zasady sodowej. Na jej zmiareczkowanie zużyto  $10 \text{ cm}^3$   $0,05 \text{ mol/dm}^3$  kwasu siarkowego(VI). Oblicz, ile zasady sodowej (w gramach) zostało wyprodukowane w procesie elektrodializy. (4 pkt)
5. Zaproponuj 5 układów prowadzących do otrzymania  $1 \text{ dm}^3$  roztworu o  $\text{pH} = 5$ , mając do dyspozycji wodę oraz dowolne ilości wodnych roztworów:  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{CH}_3\text{COONa}$  oraz  $\text{NaOH}$  (każdy o stężeniu  $0,1 \text{ mol/dm}^3$ ). (4 pkt)

Dane do zadania A:

$\text{pK}_{a1}(\text{H}_2\text{SO}_3) = 1,91$ ;  $\text{pK}_{a2}(\text{H}_2\text{SO}_3) = 7,18$ ;  $\text{pK}_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 6,35$ ;  $\text{pK}_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 10,33$ ;  $\text{pK}_a(\text{H}_3\text{PO}_2) = 1,10$ ;  
 $\text{pK}_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 4,76$ ;  $\text{pK}_b(\text{NH}_3) = 4,75$

### Zadanie B (20 pkt)

Ałuny to dwunastowodne podwójne siarczany zawierające jony metali na I i III stopniu utlenienia. W trakcie pracowni przygotowano ałun glinowo-potasowy.

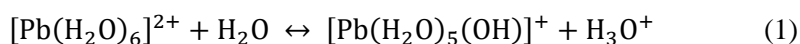
- a) Oblicz wydajność reakcji otrzymywania ałunu glinowo-potasowego wiedząc, że do otrzymania 9,4 g tego związku użyto 9,9 g  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  ( $M = 666 \text{ g/mol}$ ) i 2,5 g  $\text{K}_2\text{SO}_4$  ( $174 \text{ g/mol}$ ) (5 pkt)
- b) Badanie czystości ałunu glinowo potasowego przebiega według następującej procedury: naważkę ałunu glinowo potasowego o masie 0,4500 g rozpuszczono w  $10 \text{ cm}^3$  wody i dodano  $25 \text{ cm}^3$  roztworu EDTA o stężeniu  $0,1015 \text{ mol/dm}^3$  oraz  $5 \text{ cm}^3$  buforu octanowego. Następnie dodać  $30 \text{ cm}^3$  etanolu oraz kroplami roztwór ditizonu o stężeniu 0,025% do uzyskania barwy zielonej. Następnie przeprowadzić miareczkowanie mianowanym roztworem  $\text{ZnSO}_4$  o stężeniu  $0,0990 \text{ mol/dm}^3$  do zmiany zabarwienia roztworu na kolor czerwony. Dla powyższego oznaczenia zapisać wszystkie reakcje pozwalające na przeprowadzenie oznaczenia. (3 pkt)
- c) Na podstawie danych z punktu 2 wyznacz czystość ałunu glinowo-potasowego wiedząc, że na zmiareczkowanie naważki zużyto  $17,0 \text{ cm}^3$  mianowanego roztworu  $\text{ZnSO}_4$ . (5 pkt)
- d) Wyjaśnij, dlaczego w oznaczaniu według powyższej procedury nie prowadzi się miareczkowania bezpośredniego jonów  $\text{Al(III)}$  mianowanym roztworem EDTA ( $\log\beta_{\text{Al-EDTA}} = 16,4$ ;  $\log\beta_{\text{Zn-EDTA}} = 16,5$ )? (2 pkt)
- e) Objaśnij zmiany barwy pozwalające na detekcję punktu końcowego. Z jakimi formami są one związane? (2 pkt)
- f) Zaproponuj wzór strukturalny kompleksu glinu z EDTA, określ liczbę koordynacyjną glinu(III) w tym kompleksie oraz podaj skład sfery koordynacyjnej (tzw. atomy donorowe). (3 pkt)

### Zadanie C (20 pkt)

#### Kwasowe właściwości akwakompleksów ołowiu(II)

Rozpuszczalne sole ołowiu(II) dzięki reakcji protolizy wykazują kwaśny odczyn wodnego roztworu.

W rzeczywistości, proces protolizy w roztworach wodnych jest dysocjacją kwasową akwakompleksów ołowiu(II) mających właściwości kwasu Brønsteda. Zakładając, że w sferze hydratacyjnej jonu ołowiu(II) znajduje się 6 cząsteczek wody, równowagę dysocjacji można opisać równaniem (1):



Wiadomym jest, że ołów i jego związki są silnie toksyczne a zużyte akumulatory samochodowe (a w nich m.in. słabo rozpuszczalny siarczan(VI) ołowiu(II)) mogą stanowić istotne zagrożenie dla środowiska.

Ponieważ jednak ołów(II), wykazuje właściwości kwasowe, to rozpuszczalność  $\text{PbSO}_4$  i związane z tym zagrożenia będą zależały od pH środowiska, w jakim osad ten się znajduje.

Polecenia:

- a) Korzystając z podanej poniżej wartości stałej trwałości kompleksu  $[\text{Pb}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OH})]^+$  wyznacz wartość stałej dysocjacji kwasowej,  $K_a$ , dla akwakompleksu  $[\text{Pb}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  uczestniczącego w równowadze (1). (3 pkt)

- b) Oblicz pH roztworu  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  o stężeniu  $0,1 \text{ mol/dm}^3$  oraz stopień protolizy w % (z dokładnością do 2-go miejsca po przecinku). (4 pkt)
- c) Do jakiej wartości pH należy doprowadzić roztwór  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  o stężeniu  $10^{-5} \text{ mol/dm}^3$ , aby wartość stopnia nie przekraczała 1%. (2 pkt)
- d) Oblicz i porównaj rozpuszczalność  $\text{PbSO}_4$  w roztworach o  $\text{pH} = 4$  i  $\text{pH} = 8$ . Dla roztworu o  $\text{pH} = 8$  określ, jaki procent całkowitej zawartości rozpuszczalnych form ołowiu(II) stanowi  $[\text{Pb}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OH})]^+$ . (W obliczeniach można pominąć efekt protonowania jonów  $\text{SO}_4^{2-}$ ). (8 pkt)
- e) Napisz odpowiednie równanie Nernsta i oblicz potencjał elektrody z metalicznego ołowiu zanurzonej w nasyconym roztworze  $\text{PbSO}_4$ , przy  $\text{pH} = 4$  i  $\text{pH} = 8$  (w temp.  $25^\circ\text{C}$ ). (W obliczeniach potencjałów należy uwzględnić tylko te jony ołowiu(II), które nie uległy hydrolizie, czyli  $\text{Pb}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$ ). (3 pkt)

Stała trwałości kompleksu  $[\text{Pb}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OH})]^+$ :  $\beta = 3 \cdot 10^7$

Iloczyn jonowy wody:  $K_W = 10^{-14}$

Iloczyn rozpuszczalności  $\text{PbSO}_4$ :  $K_{s0} = 1,6 \cdot 10^{-8}$

Potencjał standardowy dla układu  $\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}$ :  $E_0 = -0,126 \text{ V}$

#### Zadanie D (20 pkt)

Informacja do zadania:

Aldehydy i ketony reagują z kwasem cyjanowodorowym dając cyjanohydryny  $\text{RCH}(\text{OH})\text{CN}$ , które są użyteczne ze względu na dalsze możliwości wykorzystania ich właściwości chemicznych. Nitryle ( $\text{RCN}$ ) można zredukować działaniem  $\text{LiAlH}_4$  do amin pierwszorzędowych ( $\text{RCH}_2\text{NH}_2$ ) i można poddać je reakcji hydrolizy działaniem gorącego wodnego roztworu kwasu do kwasów karboksylowych. W ten sposób tworzenie cyjanohydryny stanowi metodę przekształcania ketonu lub aldehydu w związek z inną grupą funkcyjną.

„Chemia organiczna” J. McMurry

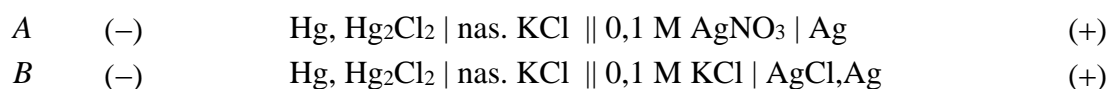
Pewien związek organiczny **A**, istniejący w postaci dwóch enancjomerów, to krystaliczne białe ciało stałe, rozpuszczalne w etanolu i wodzie, stosowany w kosmetyce i terapii. Analiza elementarna związku **A** wykazała, że zawiera on 63,15% węgla i 5,26% wodoru. Próbką związku **A** o masie 3,80g rozpuszczona w wodzie reaguje z  $50\text{cm}^3$  0,5M roztworu  $\text{NaOH}$  dając obojętny roztwór. Inna próbka związku **A** o masie 19,76g w reakcji z 5,98g metalicznego sodu tworzy  $3,17\text{dm}^3$  wodoru w temp.  $25^\circ\text{C}$  pod ciśnieniem 760 mmHg. W reakcji związku **A** z mieszaniną kwasu azotowego(V) i kwasu siarkowego(VI) powstaje związek **B**, głównie w postaci dwóch izomerów, zawierający 7,10% azotu. Związek **A** nie daje niebieskofioletowego zabarwienia pod wpływem chlorku żelaza(III). Związek **A** można otrzymać na drodze kwasowej hydrolizy związku **C**. Związek **C** powstaje w wyniku addycji kwasu cyjanowodorowego do związku **D**. Związek **C** zredukowany za pomocą  $\text{LiAlH}_4$  daje związek **E**, zawierający 10,21% azotu.

- a) Podaj wzór sumaryczny związku **A**. (2 pkt)
- b) Podaj wzór półstrukturalny/szkieletowy związku **A**. (2 pkt)
- c) Podaj nazwę systematyczną związku **A**. (2 pkt)

- d) Narysuj enancjomer związku **A** o konfiguracji *R*. (2 pkt)
- e) Podaj wzory półstrukturalne/szkieletowe dwóch izomerów związku **B**. (2 pkt)
- f) Podaj nazwy systematyczne dwóch izomerów związku **B**. (2 pkt)
- g) Podaj wzór półstrukturalny/szkieletowy związku **C**. (2 pkt)
- h) Podaj równanie reakcji powstawania związku **C** z **D**. (2 pkt)
- i) Podaj nazwę systematyczną związku **D**. (1 pkt)
- j) Podaj wzór półstrukturalny/szkieletowy związku **E** i jego nazwę systematyczną. (3 pkt)

### Zadanie E (20 pkt)

W celu wyznaczenia iloczynu rozpuszczalności AgCl w temperaturze 21°C, zestawiono następujące ogniwa:



i zmierzono pięciokrotnie ich siły elektromotoryczne. Wyniki zestawiono w tabeli:

$E_{MF} A$ (V)	0,4982	0,4939	0,4884	0,4833	0,4785
$E_{MF} B$ (V)	0,0507	0,0518	0,0524	0,0528	0,0490

Na podstawie wartości siły elektromotorycznej  $E_{MF}$  ogniw A, B, oblicz iloczyn rozpuszczalności  $K_{SO}$  AgCl. W obliczeniach przyjmij średni współczynnik aktywności soli:  $f_{\text{AgNO}_3} = 0,720$ ;  $f_{\text{KCl}} = 0,769$

a także  $a_{\text{Ag}^+} = a_{\text{AgNO}_3}$  oraz  $a_{\text{Cl}^-} = a_{\text{KCl}}$  (aktywność  $a = f \cdot c$ )

Tabela. Zależność potencjału standardowego półogniwa kalomelowego od temperatury

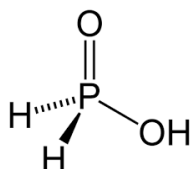
Temperatura [° C]	0	5	10	15	20	25	30	35
$\Pi_{\text{Cl}^-/\text{Hg}_2\text{Cl}_2, \text{Hg}}$ [V]	0,2601	0,2568	0,2536	0,2503	0,2471	0,2438	0,2405	0,2373

## Rozwiązania zadań

Uwaga: Przedstawione zostały przykładowe rozwiązania. Każde inne poprawne rozwiązanie zadań było zaliczane. Rozwiązania powinny zawierać zwięzły schemat obliczeń, wskazujący na tok rozumowania.

### Zadanie A (5×4 pkt)

- 4,54
- 0,02 mol/dm<sup>3</sup>
- $\text{H}_3\text{PO}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaH}_2\text{PO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;  $m(\text{kwasu}) = 0,1 \cdot 0,01 \cdot 66 = 0,066 \text{ g} = 66 \text{ mg}$   
Jest to kwas jednoprotonowy; stężenie początkowe kwasu: 0,02 mol/dm<sup>3</sup>;  
 $\text{H}_3\text{PO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{PO}_2^- + \text{H}_3\text{O}^+$   
 $K_a = \frac{[\text{H}_2\text{PO}_2^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_3\text{PO}_2]} = \frac{x^2}{(C-x)}$   
 $K_a C - K_a x - x^2 = 0$   
 $\Delta = K_a^2 + 4 K_a C = 0,0064 + 0,0064 = 0,0128$   
 $x_1 = \frac{(K_a - \sqrt{0,0128})/2(-1)}{(-2)} = \frac{(0,08 - 0,1131)/(-2)}{(-2)} = \mathbf{0,01657 \text{ mol/dm}^3}$   
 $x_2 = \frac{(K_a + \sqrt{0,0128})/2(-1)}{(-2)} = \frac{(0,08 + 0,1131)/(-2)}{(-2)} = -0,09655 \text{ mol/dm}^3 < 0$  bez sensu fizycznego  
 $\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = \mathbf{1,78}$   
w przybliżeniu:  $x = \sqrt{K_a C} = 0,04 \text{ mol/dm}^3$  i  $\text{pH} = 1,40$  – duża różnica (brak punktów za uproszczenie)



- początkowa ilość zasady w komorze:  $0,01 \cdot 0,1 \text{ mola} = 0,001 \text{ mola}$   
 $2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$   
ilość zasady w kolbce na 500 cm<sup>3</sup>:  $n_B = 2 \cdot C_A V_A \cdot 10 = 20 \cdot 0,05 \cdot 0,01 = 0,01 \text{ mola}$   
wyprodukowano:  $0,01 - 0,001 = 0,009 \text{ mola zasady} \rightarrow 0,36 \text{ g NaOH}$
- np.  $\text{HCl}/\text{H}_2\text{O}$  (0,1/999,9 cm<sup>3</sup>);  $\text{HCl}/\text{NaOH}/\text{H}_2\text{O}$  (od 0,2/0,1/999,7 do 499,5/499,4/0,1 cm<sup>3</sup>);  
 $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{H}_2\text{O}$  (0,16/999,84 mL);  $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COONa}/\text{H}_2\text{O}$  (utrzymując  $n_B:n_A=1,78/\text{H}_2\text{O}$  do 1 dm<sup>3</sup>, np. od 1/1,78/997,22; do 360/640/0);  $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{NaOH}$  (podobnie (utrzymując  $n_B:n_A=1,78:2,78$  np. od 2,78/1,78/995,44 do 610/390/0);

### Zadanie B (20 pkt)

- 
- $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$   
1 mol  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  – 1 mol  $\text{K}_2\text{SO}_4$

9,9/666 g/mol – x mol  $K_2SO_4$

x = 0,01491 mola  $K_2SO_4$  przereaguje z 0,01491 mola  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ .

Do reakcji użyto  $2,5/174 = 0,01437$  mola  $K_2SO_4$ . To oznacza, że w niedomiarze jest  $K_2SO_4$  i z niego liczona będzie wydajność.

1 mol  $K_2SO_4$  – 2 mole ałunu

0,01437 mola – x moli ałunu

x = 0,2874 mola ałunu czyli 0,2874 mola \* 474 g/mol = 13,6 g ałunu

wydajność: w% =  $(5,1/13,6) * 100\% = 37,5\%$



$Zn^{2+} + \text{ditizon} \rightarrow \text{Zn-ditizon}$  czerwony/różowy (sam ditizon jest zielonkawy) -  
akceptowane wszelkie sposoby zapisu wskazujące, że barwa w PK pochodzi od kompleksu cynku z ditizonem

c) EDTA reaguje z kationami dwu- i trójdoładnymi w stosunku 1:1. Stąd:

$$n(EDTA) = n(Zn) + n(Al)$$

$$C_{EDTA} \cdot V_{EDTA} = C_{Zn} \cdot V_{Zn} + n(Al)$$

Liczba moli Al jest równa liczbie moli ałunu glinowo potasowego:

$$C_{EDTA} \cdot V_{EDTA} = C_{Zn} \cdot V_{Zn} + m_{Al}/M_{Al}$$

$$m_{Al} = (C_{EDTA} \cdot V_{EDTA} - C_{Zn} \cdot V_{Zn}) M_{Al} = (0,1015 * 0,025 - 0,0990 * 0,017) 27 = 0,02307 \text{ g}$$

zawartość teoretyczna glinu to  $27/474 = 5,7\%$ , czyli  $0,057 * 0,4500 = 0,02565 \text{ g}$

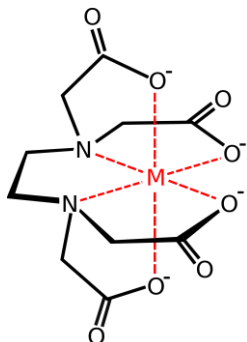
Czystość:  $(0,02307/0,02565) * 100\% = 89,9\%$

d) Podane dane termodynamiczne nie mają tu znaczenia. Decyduje powolność reakcji między Al(III) a EDTA.

Z tego względu wybiera się miareczkowanie odwrotne z odmiareczkowaniem nadmiaru EDTA mianowanym roztworem Zn(II).

e) Zmiany barwy związane z barwą ditizonu (zielonkawa) przed PK, oraz barwą tego wskaźnika (czerwonawa/różonawa) z Zn(II) po PK.

f) Struktura jest przedstawiona poniżej (l.k. = 6). Sferę tworzą cztery atomy tlenu oraz dwa atomy azotu.



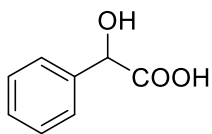
### Zadanie C (20 pkt)

- a)  $K_a = \beta \cdot K_w = 3 \cdot 10^7 \cdot 10^{-14} = 3 \cdot 10^{-7}$ .
- b) Zał.:  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{Pb}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OH})^+]$ ;  $[\text{Pb}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}] = 0,1 \text{ mol/dm}^3$ ,  
Stąd:  $[\text{H}_3\text{O}^+]^2 = K_a \cdot [\text{Pb}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}]$ ,  
 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,7 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$ ;  $\text{pH} = 3,8$   
 $\alpha = [\text{H}_3\text{O}^+]/0,1 = 1,7 \cdot 10^{-3} (0,17 \%)$
- c) Zał.:  $[\text{H}_3\text{O}^+] = K_a \cdot [\text{Pb}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}]/[\text{Pb}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OH})^+]$   
 $[\text{Pb}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OH})^+]/[\text{Pb}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}] = 1/99$   
mamy, że:  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 3 \cdot 10^{-7} \cdot 99/1 = 3 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$ ,  
stąd  $\text{pH} = 4,5$ .
- d) Wobec c) dla  $\text{pH}=4$   
 $K_{s0} = [\text{Pb}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}]$ ;  $S = K_{s0}^{1/2} = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$ .  
W roztworze o  $\text{pH} = 8$ , protoliza (1) jest już istotna  
wówczas rozpuszczeniu S moli  $\text{PbSO}_4$  towarzyszy powstanie:  
 $S = [\text{SO}_4^{2-}]$  oraz  $S = [\text{Pb}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}] + [\text{Pb}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OH})^+]$ .  
po uwzględnieniu a) i b) mamy:  
 $K_{s0} = S^2/(1+K_a/[\text{H}_3\text{O}^+])$ ,  
więc  $S = 7 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$ .
- e) Z równania Nernsta:  $E = E_0 + (RT/2F) \ln [\text{Pb}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}]$   
Dla roztworu o  $\text{pH} = 4$ ,  $[\text{Pb}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}] = S = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$ . Stąd  $E = -0,241 \text{ V}$ .  
Dla roztworu o  $\text{pH} = 8$ ,  $[\text{Pb}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}] = S/(1 + K_a/[\text{H}_3\text{O}^+]) = 2,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$ :  
 $E = -0,263 \text{ V}$ .

### Zadanie D (20 pkt)

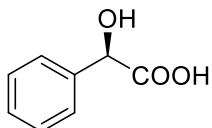
a)  $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_3$

b)

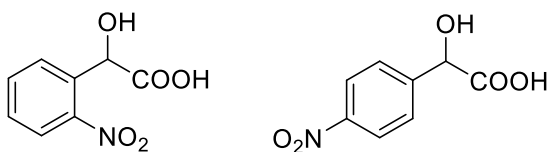


c) kwas 2-fenyl-2-hydroksyetanowy / kwas 2-fenyl-2-hydroksyoctowy

d)

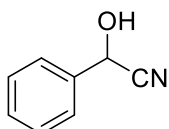


e)

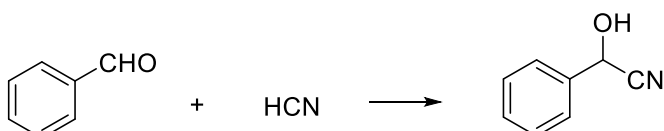


f) kwas 2-hydroksy-2-(2-nitrofenylo)etanowy, kwas 2-hydroksy-2-(4-nitrofenylo)etanowy

g)

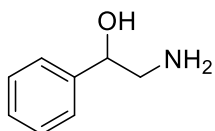


h)



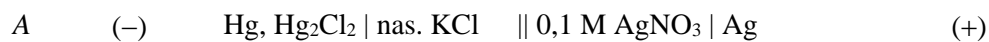
i) aldehyd benzoesowy / benzenokarboaldehyd / benzaldehyd

j) 2-amino-1-fenyletanol



### Zadanie E (20 pkt)

1. Obliczenie potencjału standardowego półogniwa srebrowego z ogniwa A



a) Wyznaczenie średniej SEM ogniwa A i B

$$E_{sr,A} = (0,4982 + 0,4939 + 0,4884 + 0,4833 + 0,4785) / 5 = 0,4885 \text{ V}$$

$$E_{sr,B} = (0,0507 + 0,0518 + 0,0524 + 0,0528 + 0,0490) / 5 = 0,0513 \text{ V}$$

b) Wyznaczenie E<sub>NEK</sub> dla T=294 K

$$E_{NEK,294K} = (E_{NEK,298K} - E_{NEK,293K}) / 5 + E_{NEK,293K} = (0,2438 - 0,2471) / 5 + 0,2471 = 0,2464 \text{ V}$$

c) Obliczenie potencjału standardowego półogniwa srebrowego E<sup>0</sup><sub>Ag<sup>+</sup>/Ag</sub>

$$E_{MF} = E_{Ag^+/Ag}^0 + \frac{RT}{nF} \ln a_{Ag^+} - E_{NEK}$$



$$E_{MF} + E_{NEK} - \frac{RT}{nF} \ln a_{Ag^+} = E_{Ag^+/Ag}^0$$

$$E_{Ag^+/Ag}^0 = 0,4885 + 0,2464 - \frac{8,314 * 294}{96484} \ln(0,1 * 0,720) = 0,8016 \text{ V}$$

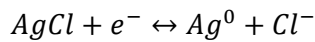
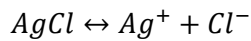
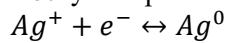
d) Obliczenie potencjału standardowego półogniwa chloro srebrowego  $E_{Cl^-/AgCl,Ag}^0$

$$E_{MF} = E_{Cl^-/AgCl,Ag}^0 + \frac{RT}{nF} \ln a_{Cl^-} - E_{NEK}$$

$$E_{MF} + E_{NEK} - \frac{RT}{nF} \ln a_{Cl^-} = E_{Cl^-/AgCl,Ag}^0$$

$$E_{Cl^-/AgCl,Ag}^0 = 0,0513 + 0,2464 + \frac{8,314 * 294}{96484} \ln(0,1 * 0,769) = 0,2327 \text{ V}$$

e) Iloczyn rozpuszczalności:



$$E_{sum} = E_{Cl^-/AgCl,Cl}^0 - \frac{RT}{nF} \ln(a_{Cl^-})$$

$$E_1 = E_{Ag^+/Ag}^0 + \frac{RT}{nF} \ln(a_{Ag^+})$$

$$E_{sum} = E_1$$

$$E_{Cl^-/AgCl,Cl}^0 - \frac{RT}{nF} \ln(a_{Cl^-}) = E_{Ag^+/Ag}^0 + \frac{RT}{nF} \ln(a_{Ag^+})$$

$$E_{Cl^-/AgCl,Cl}^0 - E_{Ag^+/Ag}^0 = \frac{RT}{nF} \ln(a_{Cl^-}) + \frac{RT}{nF} \ln(a_{Ag^+})$$

$$E_{Cl^-/AgCl,Cl}^0 - E_{Ag^+/Ag}^0 = \frac{RT}{nF} \ln(a_{Cl^-} * a_{Ag^+})$$

$$\frac{E_{Cl^-/AgCl,Cl}^0 - E_{Ag^+/Ag}^0}{\frac{RT}{nF}} = \ln(K_{SO,AgCl})$$

$$\frac{0,2327 - 0,8016}{\frac{8,314 * 294}{96484}} = -22,45 = \ln(K_{SO,AgCl})$$

$$K_{SO,AgCl} = 1,77 \cdot 10^{-10}$$