
ETAP III

13.03.2026

Zadanie laboratoryjne

CZAS ROZWIĄZYWANIA: 14:00 – 19:00

Sumaryczna punktacja za zadanie laboratoryjne – 60 (30+30) pkt.

ZADANIE LABORATORYJNE 1

Otrzymywanie i badanie składu żółcieni cynkowej

Żółcień cynkowa jest pigmentem nieorganicznym, otrzymywanym przez zmieszanie tlenku cynku (bieli cynkowej) z dichromianem(VI) potasu w środowisku bliskim obojętnego. Należy dodać, że dichromian(VI) potasu dodawany jest w znacznym nadmiarze w stosunku do tlenku cynku. Nadmiar dichromianu(VI) jest następnie usuwany przez odmycie wodą metodą dekantacji.

Celem zadania jest otrzymanie pigmentu, zbadanie wydajności procesu oraz składu otrzymanego produktu.

<u>Na swoim stanowisku masz do dyspozycji:</u>	<u>Na stanowisku zbiorczym dostępne są:</u>
Odważkę m_{ZnO} tlenku cynku	10% roztwór dichromianu(VI) potasu
Dichromian(VI) potasu stały, w ampulce	$2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ roztwór kwasu chlorowodorowego
Roztwór EDTA $0,04 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ (dokładne stężenie podane na butelce)	$2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ roztwór kwasu siarkowego(VI)
Roztwór tiosiarczanu sodu o stężeniu $0,10 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ (dokładne stężenie podane na butelce)	Bufor amonowy o pH 10
Kolby miarowe 100 cm^3 (A) i 200 cm^3 (B)	10% roztwór jodku potasu
Zlewki o poj. 50 cm^3 , 100 cm^3 i 250 cm^3	Roztwór kleiku skrobiowego
Kolbę stożkową, kolbę stożkową ze szlifem	Czerń eriochromowa T
Cylindry miarowe na 25 i 100 cm^3	
Pipetę jednomiarową $20,00 \text{ cm}^3$ i wielomiarową 5 cm^3	
Biuretę, lejek, sączek, bagietkę	
Tryskawkę z wodą destylowaną	

Przepisy wykonawcze:

Przepis 1. Otrzymywanie żółceni cynkowej

Uwaga! Ten etap należy wykonać po założeniu rękawiczek i masечki.

- Do zlewki opisanej numerem startowym (w której znajduje się odważka bieli cynkowej) dodać 2 cm^3 wody i dokładnie rozmieszać bagietką.
- Następnie wprowadzić 2 cm^3 kwasu siarkowego(VI) i mieszać bagietką przez ok 10 minut rozcierając grudki na jednolitą zawiesinę, zlewkę należy ogrzewać w dłoni.
- Wprowadzić, stale mieszając, 10 cm^3 roztworu dichromianu(VI) potasu, dodać stały dichromian(VI) potasu i mieszać przez ok. 10 minut trzymając zlewkę w dłoni.
- Pozostawić na kilka minut celem opadnięcia osadu, a następnie ciecz z nad osadu przesączyć przez sączek do kolby miarowej **A**.
- Osad w zlewce zalać 20 cm^3 wody, chwilę pomieszać bagietką, pozostawić do opadnięcia osadu. Ciecz z nad osadu przesączyć przez sączek do kolby miarowej **A**. Przemywanie osadu powtórzyć.
- Kolbę dopełnić do kreski wodą i wymieszać.
- Lejek z sączkiem umieścić w kolbie miarowej **B**. Na sączek wprowadzić powoli trzy porcje po 5 cm^3 kwasu chlorowodorowego za pomocą pipety wielomiarowej, spłukując ścianki sączka. Sączek odrzucić. Ciecz z kolby przelać do zlewki z przemytym osadem. Zawartość zlewki z rozpuszczonym osadem przenieść ilościowo do kolby miarowej **B**, dopełnić wodą do kreski i wymieszać.

Przepis 2. Oznaczanie cynku

- $20,00\text{ cm}^3$ roztworu z kolby **A** przenieść do kolby stożkowej, dodać 100 cm^3 wody i 5 cm^3 buforu amonowego. Wsypać szczyptę czerni eriochromowej T i miareczkować mianowanym roztworem EDTA do zmiany zabarwienia z brzoskwiniowej na zieloną.
- Zanotować wynik miareczkowania V_A . Miareczkowanie powtórzyć tyle razy, by wynik miareczkowania nie różnił się więcej niż $0,1\text{ cm}^3$.
- Obliczyć liczbę milimoli cynku w kolbie **A**, n_{ZnA} .
- $20,00\text{ cm}^3$ roztworu z kolby **B** przenieść do kolby stożkowej, dodać 100 cm^3 wody i 10 cm^3 buforu amonowego. Dalej postępować tak jak przy oznaczaniu cynku w kolbie **A**.
- Zanotować wynik miareczkowania V_B . Obliczyć liczbę milimoli cynku w kolbie **B**, n_{ZnB} .

Przepis 3. Oznaczanie chromu (chromianów)

- 20,00 cm³ roztworu z kolby **B** przenieść do kolby ze szlifem.
- Dodać 10 cm³ roztworu jodku potasu oraz 10 cm³ kwasu siarkowego(VI) i natychmiast zamknąć kolbę korkiem zwilżonym wodą. Odstawić kolbę na 5 minut.
- Przy częściowym otwarciu spłukać korek. Miareczkować mianowanym roztworem tiosiarczanu sodu do zmiany brunatnego zabarwienia na żółtozielone.
- Dodać 100 cm³ wody i 2 cm³ kleiku skrobiowego i kontynuować miareczkowanie do zaniku granatowego zabarwienia.
- Zanotować wynik miareczkowania **V**. Miareczkowanie powtórzyć tyle razy, by wynik miareczkowania nie różnił się więcej niż 0,1 cm³.
- Obliczyć liczbę milimoli chromu w kolbie **B**, n_{Cr} .

Polecenia:

- (22 m.) Wykonaj odpowiednie oznaczenia zgodnie z podanym przepisem 2, przedstaw równania zachodzących reakcji. Podaj wzory na wyznaczenie liczby milimoli oraz masy odważki bieli cynkowej i wyjaśnij wszystkie składowe przedstawionych wzorów. Podaj masę odważki bieli cynkowej w mg z dokładnością do 1 miejsca po przecinku.
- (11 m.) Na podstawie odpowiednich oznaczeń wyprowadź wzór na obliczanie procentowej wydajności otrzymywania żółceni cynkowej oraz wyjaśnij wszystkie składowe przedstawionego wzoru. Zgodnie ze wzorem oblicz wydajność z dokładnością do 2 miejsc po przecinku.
- (17 m.) Wyprowadź wzór na wyznaczenie zawartości molowej tlenku chromu(VI) w otrzymanym pigmentcie oraz wyjaśnij wszystkie składowe przedstawionego wzoru. Zgodnie ze wzorem oblicz zawartość molową tlenku chromu(VI) z dokładnością do 2 miejsc po przecinku. Podaj równania zachodzących reakcji zgodnie z przepisem 3.
- (10 m.) Wyprowadź wzór na wyznaczenie stosunku molowego tlenku cynku do tlenku chromu(VI) w kolbie **B**, wyjaśnij wszystkie składowe przedstawionego wzoru oraz oblicz ten stosunek. Zaproponuj wzór tlenkowy otrzymanego pigmentu oraz prawdopodobne, wynikające z tego wzoru związki chemiczne wchodzące w skład tego pigmentu. Napisz równanie reakcji otrzymywania chromianu cynku uwzględniając użyte substraty.

Uwaga! Wszystkie roztwory zawierające chromiany(VI) należy zlewać do pojemników na odpady toksyczne.

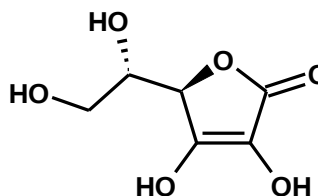
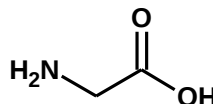
ZADANIE LABORATORYJNE 2

Chemia w fotografii

Tworzenie obrazu w fotografii analogowej to skomplikowany proces chemiczny, w którym kluczową rolę odgrywa „chemia srebra”. Proces powstawania zdjęcia opiera się na reakcjach fotochemicznych i chemicznych zachodzących w światłoczułej emulsji, wspomaganych przez wywoływacze, utrwalacze oraz substancje tonujące i barwnikowe. Dzięki nim obraz jest trwały, wyraźny i odpowiednio zabezpieczony.

W probówkach opisanych cyframi **1–4** znajdują się substancje nieorganiczne stosowane w procesie produkcji fotografii. Mogą to być sole sodu, potasu lub amonu. W probówkach opisanych literami **A, B, C i D** znajdują się natomiast cztery substancje organiczne stosowane w tym procesie (rozpuszczone lub rozcieńczone w wodzie bądź w etanolu), z poniższej listy:

- 1,2,3-trihydroksybenzen
- 1,4-benzochinon
- alkohol benzyłowy
- gliceryna
- glicyna
- żelatyna
- glicyna
- kwas askorbinowy



<u>Na swoim stanowisku masz do dyspozycji:</u>	<u>Na stanowisku zbiorczym masz do dyspozycji:</u>
8 probówek	2% roztwór chlorku żelaza(III)
3 papierki wskaźnikowe	5% roztwór azotanu(III) sodu
Tryskawkę z wodą destylowaną	5% roztwór chromianu(VI) potasu
	0,5% roztwór siarczanu(VI) miedzi(II)
	wodorotlenek sodu 1 mol·dm ⁻³
	0,1% roztwór fenoloftaleiny
	0,02% roztwór kurkuminy
	Chloroform
	2 mol·dm ⁻³ roztwór kwasu chlorowodorowego
	2 mol·dm ⁻³ roztwór kwasu siarkowego(VI)

Polecenia:

- a.** (20 m.) Zidentyfikuj aniony w probówkach **1–4**. Uzasadnij identyfikację obserwacjami dwóch charakterystycznych reakcji, które zachodzą z dostępnymi odczynnikami (ewentualnie, tam, gdzie jest to niezbędne, również braku reakcji) oraz przedstaw wnioski płynące z uzyskanych wyników. Dla każdej reakcji zapisz jej równanie.
- b.** (20 m.) Zidentyfikuj substancje w probówkach **A, B, C i D**. Uzasadnij identyfikację obserwacjami dwóch charakterystycznych reakcji, które zachodzą z dostępnymi odczynnikami (ewentualnie, tam, gdzie jest to niezbędne, również braku reakcji) oraz przedstaw wnioski płynące z uzyskanych wyników. Dla każdej reakcji zapisz jej równanie.

UWAGA! Przedstawione reakcje nie mogą uwzględniać reakcji wykonanych z użyciem odczynników z zadania 1 (chyba, że na butelkach zaznaczono inaczej).

Gospodaruj oszczędnie roztworami, dolewki nie są możliwe.

Obejrzyj uważnie arkusz odpowiedzi. Zaplanuj i wpisz rozwiązanie tak, by mieściło się w wyznaczonym miejscu. Podaj ewentualne skróty stosowane w arkuszu odpowiedzi. Tekst oraz równania reakcji chemicznych napisane poza wyznaczonym miejscem nie będą sprawdzane!

Pamiętaj o zachowaniu zasad bezpieczeństwa podczas wykonywania analiz!

Skrócone rozwiązanie zadania laboratoryjnego 1

Ad a) Aby oznaczyć masę użytej bieli cynkowej należy zgodnie z przepisem wyznaczyć liczbę milimoli cynku w kolbie **A** (roztwór z przemywania osadu) oraz kolbie **B** (roztwór po rozpuszczeniu pigmentu w kwasie chlorowodorowym).

Równanie zachodzącej reakcji:



$$n_{\text{Zn}} = n_{\text{EDTA}}$$

Na oznaczenie liczby milimoli cynku w kolbie **A** zużyto średnio $V_{\text{ZnA}} = 13,70 \text{ cm}^3$ roztworu EDTA o stężeniu $0,0396 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$.

$$n_{\text{ZnA}} = V_{\text{ZnA}} \cdot c_{\text{EDTA}} \cdot 100/20 = 13,7 \cdot 0,0396 \cdot 5 = 2,71 \text{ mmol}$$

Na oznaczenie liczby milimoli cynku w kolbie **B** zużyto średnio $V_{\text{ZnB}} = 25,00 \text{ cm}^3$ roztworu EDTA o stężeniu $0,0396 \text{ mol/dm}^3$.

$$n_{\text{ZnB}} = V_{\text{ZnB}} \cdot c_{\text{EDTA}} \cdot 200/20 = 25,0 \cdot 0,0396 \cdot 10 = 9,90 \text{ mmol}$$

Oznaczona łącznie liczba milimoli cynku wynosi:

$$\begin{aligned} n_{\text{ZnO}} &= n_{\text{ZnA}} + n_{\text{ZnB}} = V_{\text{A}} \cdot c_{\text{EDTA}} \cdot 5 + V_{\text{B}} \cdot c_{\text{EDTA}} \cdot 10 = \\ &= 13,70 \cdot 5 \cdot 0,0396 + 25,00 \cdot 10 \cdot 0,0396 = 2,71 + 9,90 = 12,61 \text{ mmol} \end{aligned}$$

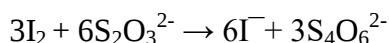
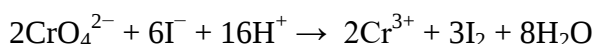
Uwzględniając masę 1 milimola ZnO równą $81,37 \text{ mg/mmol}$ wyjściowa masa ZnO wynosi:

$$m_{\text{ZnO}} = n_{\text{ZnO}} \cdot M_{\text{ZnO}} = 12,61 \cdot 81,37 = \mathbf{1026,1 \text{ mg}}$$

Ad b) Wydajność reakcji otrzymywania pigmentu można obliczyć biorąc pod uwagę całkowitą liczbę milimoli cynku w kolbach A i B (odpowiadającą liczbie moli użytej bieli cynkowej), oraz liczbę milimoli cynku w kolbie B (odpowiadającą liczbie milimoli cynku w uzyskanym pigmentcie).

$$W = n_{\text{ZnB}} \cdot 100\% / (n_{\text{ZnA}} + n_{\text{ZnB}}) = 9,90 \cdot 100 / (2,71 + 9,90) = 78,5\%$$

Ad c) Zgodnie z przepisem wykonawczym oznaczanie jonów chromianowych(VI) polega na wydzieleniu równoważnej ilości jodu i odmiareczkowaniu wydzielonego jodu mianowanym roztworem tiosiarczanu sodu. Zachodzą przy tym reakcje opisywane równaniami:



$$n_{\text{CrO}_3} = n_{\text{Cr}} = n_{\text{tios}}/3$$

Na oznaczenie liczby milimoli chromianów (tlenku chromu(VI)) w kolbie **B** zużyto średnio $V = 26,25 \text{ cm}^3$ roztworu tiosiarczanu sodu o stężeniu $0,0941 \text{ mol/dm}^3$.

$$n_{\text{Cr}} = n_{\text{CrO}_3}$$

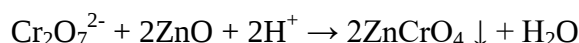
$$n_{\text{CrO}_3} = V \cdot c_{\text{tios}} \cdot 10/3 = 26,25 \cdot 0,0941 \cdot 10 / 3 = 8,23 \text{ mmol}$$

Ad d) Stosunek molowy ZnO do CrO₃ w wytworzonym pigmentcie wynosi:

$$S = n_{\text{ZnB}}/n_{\text{CrO}_3} = 9,9/8,23 = 1,20$$

Stąd wzór tlenkowy żółceni cynkowej to **(ZnO)_{1,20}·CrO₃**, pigment jest mieszaniną ZnO i ZnCrO₄.

Równanie reakcji otrzymywania chromianu cynku:



Skrócone rozwiązanie zadania laboratoryjnego 2

Przykładowe rozmieszczenie substancji:

Probówka	Substancja		Probówka	Substancja
1	NaBr		A	gliceryna
2	KI		B	1,2,3-trihydroksybenzen
3	Na ₂ S ₂ O ₃		C	kwas askorbinowy
4	Na ₂ B ₄ O ₇		D	1,4-benzochinon

Ad a) Wykrywanie substancji nieorganicznych w probówkach 1–4

Probówka 1 – Po dodaniu roztworu otrzymanego przez zmieszanie CuSO₄ i roztworu z probówki C strąca się biały osad. Z roztworem K₂CrO₄ po zakwaszeniu i dodaniu chloroformu warstwa organiczna zabarwia się na żółto (co świadczy o obecności Br₂ i odróżnia go od Cl₂ (bezbarwny) i I₂ (różowy)); po dodaniu do zabarwionej warstwy organicznej roztworu z probówki 2 warstwa ta zmienia kolor na różowy. Substancja w probówce 1 to NaBr.

Probówka 2 – Po dodaniu roztworu otrzymanego przez zmieszanie CuSO₄ i roztworu z probówki C strąca się biały osad, podobnie jak z roztworem CuSO₄. Z roztworem K₂CrO₄ lub NaNO₂ po zakwaszeniu roztwór zabarwia się na pomarańczowo-czerwony, podobnie jak z roztworem FeCl₃. Powstający w pomarańczowo-czerwony roztwór (i) odbarwia się po dodaniu roztworu wodorotlenku sodu, (ii) odbarwia się po dodaniu roztworu z probówki 3, (iii) odbarwia się po dodaniu roztworu z probówki C, (iv) po dodaniu chloroformu warstwa organiczna zabarwia się na różowo (co jest charakterystyczne dla I₂). A zatem substancja w probówce 2 wykazuje silne właściwości redukujące - jest to KI.

Probówka 3 – Z roztworem FeCl₃ fioletowy roztwór, który potem częściowo się odbarwia. Po dodaniu zakwaszonego roztworu K₂CrO₄ roztwór zabarwia się na zielono. Odbarwia I₂ (otrzymane po dodaniu utleniaczy do probówki 2). Substancja w probówce 3 to Na₂S₂O₃.

Probówka 4 – Z roztworem kurkuminy zmienia barwę z żółtej na czerwono-brązową. Z fenoloftaleiną daje różowy roztwór, który odbarwia się po dodaniu roztworu z probówki A. Substancja w probówce 4 to Na₂B₄O₇.

Ad b) Wykrywanie substancji organicznych w probówkach A–D

Probówka A – Z Cu(OH)₂ (otrzymany przez dodanie CuSO₄ i NaOH) daje szafirowy roztwór – czyli jest to związek polihydroksylowy. Nie daje reakcji z roztworem FeCl₃, a zatem nie jest to związek aromatyczny (nie jest to związek z grupy fenoli). Po dodaniu roztworu z probówki 4 z fenoloftaleiną roztwór odbarwia się (tworzy się kompleks). Substancja w probówce A to gliceryna.

Probówka B – Z roztworem FeCl₃ daje czerwono-pomarańczowy roztwór, czyli jest to związek z grupy fenoli. Po dodaniu zakwaszonego roztworu NaNO₂ roztwór zabarwia się na żółto w wyniku reakcji C-nitrozowania. Po dodaniu NaOH roztwór najpierw przyjmuje kolor fioletowy, który szybko przechodzi w brązową (absorbując tlen z powietrza, powstaje chinon). Substancja w probówce B to 1,2,3-trihydroksybenzen.

Probówka C – Odbarwia Br_2 i I_2 (otrzymane po dodaniu utleniaczy do probówek 1 i 2). Po dodaniu roztworu CuSO_4 roztwór przybiera barwę żółtawą, a z roztworem FeCl_3 daje żółto-zielony roztwór; związek wykazuje silne właściwości redukujące. Substancja w probówce C to kwas askorbinowy.

Probówka D – roztwór ma kolor żółto-brązowy. Nie reaguje z roztworem FeCl_3 , czyli nie jest to związek z grupy fenoli. Po dodaniu NaOH roztwór przyjmuje brązowo-zieloną barwę, co jest charakterystyczne dla chinonów. Po dodaniu roztworu z probówki 2 przyjmuje pomarańczową barwę (powstaje I_2 , który można łatwo zidentyfikować dodając chloroform do roztworu – warstwa organiczna zabarwia się na różowo). Substancja w probówce D to 1,4-benzochinon.