
ETAP II

17.01.2026

Zadanie laboratoryjne

CZAS ROZWIĄZYWANIA: 9:00 – 13:00

Sumaryczna punktacja za zadanie laboratoryjne – 30 pkt. (85 m.)

Analiza materiałów trudno rozpuszczalnych

Pigmenty nieorganiczne (naturalne i syntetyczne) są stosowane jako substancje barwiące w produkcji farb. Badanie składu farb malarskich pod kątem rodzaju pigmentu pozwala na potwierdzenie autentyczności dzieł malarskich oraz jest niezbędne w ich profesjonalnej renowacji. Do pigmentów naturalnych należą m.in. glinki zawierające różne tlenki żelaza, związki miedzi, glinu, krzemu, wapnia i magnezu. Wśród pigmentów syntetycznych występują trudno rozpuszczalne sole ołowiu, miedzi, cynku, kadmu, baru oraz tlenki cynku, cyny, tytanu, kobaltu, żelaza.

W ampułkach opisanych literami **A – F** znajdują się związki przedstawione w tabeli:

Nazwa substancji	Wzór chemiczny	Nazwa substancji	Wzór chemiczny
żółcień chromowa	PbCrO_4	biel cynkowa	ZnO
żółcień kadmowa	$\text{CdS} + \text{ZnS}$	kreda	CaCO_3
żółcień cytrynowa	BaCrO_4	biel kostna	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$

W probówkach **1 – 4** znajdują się substancje powstałe podczas przeprowadzania do roztworów (przez rozpuszczanie w odpowiednich kwasach lub stapianie z topnikami) związków takich jak tetratlenek triżelaza (czern żelazowa), tetratlenek triołowiu (minia), ditlenek tytanu (biel tytanowa) oraz glinokrzemian sodu i siarki (ultramaryna).

<u>Na swoim stanowisku masz do dyspozycji:</u>	<u>Na stanowisku zbiorczym dostępne są:</u>
10 pustych probówek	Roztwór kwasu azotowego(V) $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$
3 uniwersalne papierki wskaźnikowe	Roztwór kwasu siarkowego(VI) $0,5 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$
4 pipetki polietylenowe	Roztwór NaOH $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$
6 łopatek plastikowych do pobierania próbek	Roztwory: amoniaku 5%, wody utlenionej 3%, EDTA $0,01 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$
Tryskawkę z wodą destylowaną	Roztwory: jodku potasu 5%, azotanu(V) srebra 2%
	Roztwór alizaryny S 0,2%
	Roztwór heksacyjanożelazianu(III) potasu 2%, roztwór heksacyjanożelazianu(II) potasu 2%
	Roztwór kleiku skrobiowego
	Roztwór molibdenianu amonu 5%
	Metalowskażniki – czerń eriochromowa T, kalces

Uwaga 1! Probki mogą ulegać jedynie częściowemu rozpuszczeniu.

Uwaga 2! Siarczek kadmu oraz siarczek cynku są lepiej rozpuszczalne niż siarczek ołowiu.

Uwaga 3! Podczas przeprowadzania do roztworu ultramaryny siarka ulega ulotnieniu.

Uwaga 4! Jony tytanu(IV) tworzą pomarańczowy kompleks z nadtlakiem wodoru.

Polecenia:

- (36 m.) Wykryj substancje z ampulek **A – F**. Identyfikację potwierdź obserwacjami, po jednej dla kationu (lub kationów) i anionu, wynikającymi z zachodzących reakcji i wnioskami z nich płynącymi. Podaj równania lub schematy tych reakcji. Barwa substancji jest obserwacją pomocniczą ułatwiającą identyfikację, ale nie jest punktowana.
- (30 m.) Zidentyfikuj pigmenty z probówek **1 – 4**. Uzasadnienie przedstaw jako obserwacje (po jednej) dla każdego kationu i anionu, wynikające z przeprowadzonych prób. Podaj równania reakcji i wnioski z nich płynące. Barwa i odczyn roztworu nie są traktowane jako obserwacje punktowane.
- (15 m.) Zidentyfikuj substancje użyte do przeprowadzenia do roztworu związków z probówek **1 – 4**. Podaj równania reakcji (lub schematy reakcji) zachodzących podczas stapiania lub rozpuszczania. Podaj w jakich tyglach przeprowadzono stapianie.
- (4 m.) Podaj wzory oraz nazwy wg systemu Stocka (uwzględniające stopień utlenienia metalu) tetratlenku tróźelaza i tetratlenku triolowiu.

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!

Ad a.) Identyfikacja pigmentów z ampulek A-F			Punktacja		
			Rec 1	Rec 2	Sprec
Nr amp.	Identyfikacja	Uzasadnienie			
A	Biel cynkowa ZnO	biały proszek	6		
		+ HNO ₃ → bezb. roztwór R _A , brak wydzielania gazu, brak zapachu $\text{ZnO} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$ R _A + NaOH → biały osad, rozpuszczalny w nadmiarze odczynnika i amoniaku $\text{Zn}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2\downarrow$, $\text{Zn}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{OH}^- \rightarrow [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ R _A + K ₄ [Fe(CN) ₆] → biały osad, nierozp. w kwasie $3\text{Zn}^{2+} + 2\text{K}^+ + 2\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-} \rightarrow \text{K}_2\text{Zn}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]\downarrow$			
B	Żółcień chromowa PbCrO ₄	pomarańczowy proszek	6		
		+ HNO ₃ → pomarańcz. roztwór R _B , brak wydzielania gazu, brak zapachu R _B + KI → żółty osad (igielki); $\text{Pb}^{2+} + 2\text{I}^- \rightarrow \text{PbI}_2\downarrow$ R _B + KI + kleik skrobiowy → granatowy roztwór $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6\text{I}^- + 14\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 3\text{I}_2 + 7\text{H}_2\text{O}$ + H ₂ SO ₄ → pomarańcz. roztw., biały osad; $2\text{PbCrO}_4 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{PbSO}_4 + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$			
C	Kreda CaCO ₃	biały proszek	6		
		+ HNO ₃ → bezb. roztwór R _C , wydzielanie gazu, bez zapachu $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ R _C + NaOH → nagle zmętn, nierozp. w nadm. odczynnika R _C + NaOH + kalces → fioletowe zab., dodanie EDTA → niebieskie zab. $\text{Ca}^{2+} + \text{HIn} + \text{OH}^- \rightarrow \text{CaIn}^+ + \text{H}_2\text{O}$; $\text{CaIn}^+ + \text{H}_2\text{Y}^{2-} \rightarrow \text{CaY}^{2-} + \text{HIn} + \text{H}^+$			
D	Żółcień cytrynowa BaCrO ₄	jasnożółty proszek	6		
		+ HNO ₃ → pomarańcz. roztwór R _D , brak wydzielania gazu, brak zapachu $2\text{BaCrO}_4 + 4\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Ba}^{2+} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ R _D + KI → brak osadu, roztwór brunatny; $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6\text{I}^- + 14\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 3\text{I}_2 + 7\text{H}_2\text{O}$ R _D + NaOH → żółty, drobnokrystaliczny osad $2\text{Ba}^{2+} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 2\text{OH}^- \rightarrow 2\text{BaCrO}_4 + \text{H}_2\text{O}$			
E	Biel kostna Ca ₃ (PO ₄) ₂ Mg ₃ (PO ₄) ₂	biały proszek	6		
		+ HNO ₃ → bezb. roztwór R _E , brak wydzielania gazu, brak zapachu $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 4\text{H}^+ \rightarrow 3\text{Ca}^{2+} + 2\text{H}_2\text{PO}_4^-$ R _E + molibdenian amonu + HNO ₃ → żółte zabarwienie R _E + NaOH + kalces → fioletowe zabarwienie, dodanie EDTA → niebieskie $\text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{In} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{CaIn} + 2\text{H}_2\text{O}$			
F	Żółcień kadmowa ZnS + CdS	żółty proszek	6		
		+ HNO ₃ → bezb. roztwór R _F , zapach zgniłych jaj; $\text{ZnS} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2\text{S}\uparrow$ + pr 3 (ciecz znad osadu) → ciemny osad; $\text{ZnS}\downarrow + \text{Pb}^{2+} \rightarrow \text{PbS}\downarrow + \text{Zn}^{2+}$ Roztwór R _F + AgNO ₃ → czarny osad, nierozp. w kwasie $2\text{Ag}^+ + \text{S}^{2-} \rightarrow \text{Ag}_2\text{S}\downarrow$			

skrót: HIn - metaloważnik, nierozp. - nierozpuszczalny

Ad b.) Identyfikacja pigmentów na podstawie składu roztworów z probówek 1-4

Nr prob.	Identyfikacja	Uzasadnienie, równania reakcji przy identyfikacji	Punktacja		
			Rec 1	Rec2	Srec
1	ultramaryna	odczyn alkaliczny	8		
		$+HNO_3 \rightarrow$ gaz bezw., roztw. lekko mętny; $CO_3^{2-} + 2H^+ \rightarrow H_2O + CO_2\uparrow$			
		$SiO_3^{2-} + 2Ag^+ \rightarrow Ag_2SiO_3\downarrow$ żółty osad; $+HNO_3 \rightarrow H_2SiO_3\downarrow$ bezb. galaret. osad			
		$AlO_2^- +$ alizaryna S $\rightarrow$ czerwone zabarwienie $SiO_3^{2-} +$ molibdenian amonu $+HNO_3 \rightarrow$ żółte zabarwienie			
2	czern żelazowa	odczyn kwasowy	8		
		$Cl^- + Ag^+ \rightarrow AgCl\downarrow$ biały, serowaty osad, nrozp. w HNO_3			
		$+K_3Fe(CN)_6 \rightarrow$ granat. zab.; $3Fe^{2+} 2[Fe(CN)_6]^{3-} \rightarrow Fe_3[Fe(CN)_6]_2\downarrow$			
		$+K_4Fe(CN)_6 \rightarrow$ granat. zab.; $4Fe^{3+} 3[Fe(CN)_6]^{4-} \rightarrow Fe_4[Fe(CN)_6]_3\downarrow$ $+NaOH$ (mało) $\rightarrow$ brun. osad.; $+NaOH$ (dużo) $\rightarrow$ czarny osad			
3	minia	odczyn kwasowy, na dnie brunatny osad	7		
		ciecz znad osadu $+KI \rightarrow$ żółty osad (igielki); $Pb^{2+} + 2I^- \rightarrow PbI_2\downarrow$			
		$+H_2O_2 \rightarrow$ osad rozpuszcza się, wydziela się gaz;			
		$PbO_2 + H_2O_2 + 2H^+ \rightarrow Pb^{2+} + O_2\uparrow + 2H_2O$			
4	biel tytanowa	odczyn kwasowy	7		
		pr 3 (ciecz znad osadu) $+ pr 4 \rightarrow$ biały, krystaliczny osad			
		$Pb^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow PbSO_4\downarrow$			
		$+H_2O_2 \rightarrow$ pomarańczowo-żółte zabarwienie, nadtlenny kompleks tytanu(IV) pr 4 $+NaOH \rightarrow$ białe zmętn. nierozp. w nadm odcz.; $Ti^{4+} + 4OH^- \rightarrow Ti(OH)_4\downarrow$			

Ad c.) Identyfikacja substancji użytych do przeprowadzenia do roztworów związków z probówek 1 - 4.

Nr prob	Sposób postępowania	Uzasadnienie, równania reakcji przeprowadzania do roztworu	Punktacja		
			Rec 1	Rec2	Srec
1	stapianie z Na_2CO_3 , tygiel platynowy	odczyn alkaliczny, roztwór lekko mętny	5		
		$Al_2O_3 + Na_2CO_3 \rightarrow 2NaAlO_2 + CO_2\uparrow$			
		$SiO_2 + Na_2CO_3 \rightarrow Na_2SiO_3 + CO_2\uparrow$			
2	roztwarzanie w HCl	odczyn kwasowy, roztwór żółtozielony	3		
		czern żelazowa $+HCl \rightarrow FeCl_2 + FeCl_3 + H_2O$			
3	roztwarzanie w HNO_3	odczyn kwasowy, na dnie probówki ciemny osad	3		
		minia $+HNO_3 \rightarrow Pb(NO_3)_2 + PbO_2 + H_2O$			
4	stapianie z $K_2S_2O_7$, tygiel kwarcowy	odczyn kwasowy, roztwór bezbarwny	4		
		$TiO_2 + 2K_2S_2O_7 \rightarrow Ti(SO_4)_2 + 2K_2SO_4$			

Ad d.) Wzory i nazwy wg systemu Stocka

Substancja	Wzór	Nazwa	Punktacja		
			Rec 1	Rec 2	Srec
tetratlenek triżelaza	Fe_3O_4	tlenek żelaza(II) diżelaza(III)	4		
tetratlenek triłowiu	Pb_3O_4	ditlenek diłowiu(II) ołowiu(IV)			