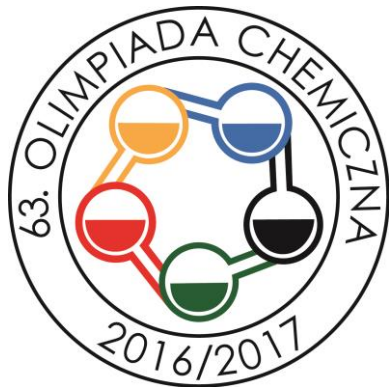




ETAP II

28.01.2017

Zadanie laboratoryjne

Sole bezwodne, sole uwodnione, środki suszące

Sole bezwodne to sole, które na skutek suszenia utraciły wodę krystalizacyjną. Ich barwa może być zupełnie inna niż soli uwodnionych. Przeprowadzenie soli bezwodnej do roztworu może wymagać ogrzewania. Sole te mogą być stosowane jako środki suszące.

W ampułkach, opisanych cyframi **1–8**, znajduje się 12 substancji z dwudziestu możliwych: siarczan(VI) miedzi(II), siarczan(VI) miedzi(II)-woda(1/5), chlorek miedzi(II), chlorek miedzi(II)-woda(1/2), chlorek niklu(II), chlorek niklu(II)-woda(1/4), chlorek kobaltu(II), chlorek kobaltu(II)-woda(1/4), siarczan(VI) żelaza(III), octan ołowiu(II)-woda(1/3), siarczan(VI) wodorotlenek chromu(III), siarczan(VI) wapnia-woda(2/1), chlorek wapnia, tlenek glinu, chloran(VII) magnezu, siarczan(VI) magnezu, azotan(V) srebra, tlenek tytanu(IV), nadrtlenek sodu, chlorek baru-woda(1/2). Cztery ampułki zawierają dwuskładnikowe mieszaniny. Mieszaniny powstały przez utarcie w moździerzu odpowiednich substancji. Mieszanina o barwie granatowej została zwilżona etanolem. Wszystkie substancje, zarówno pojedynczo jak i w mieszaninach występują tylko raz.

W załączniku nr 1 przedstawiono atomowe widma emisyjne poszczególnych mieszanin. Z uwagi na czytelność, widma te podano w zakresie długości fal λ 300-340 nm. Występujące w tym zakresie linie pierwiastków mogą nie być liniami najbardziej intensywnymi. W załączniku nr 2 podano charakterystyczne długości fali (wraz z ich intensywnością względną) wszystkich pierwiastków metalicznych mogących występować w próbkach.

Dysponujesz: tryskawką z wodą destylowaną, pięcioma pipetkami polietylenowymi, ośmioma łopatkami plastikowymi, ośmioma pustymi probówkami, zestawem widm atomowych pierwiastków.

Na stanowisku zbiorczym znajdują się: roztwory kwasu azotowego(V) o stężeniu 1 mol/dm^3 , amoniaku o stężeniu 2 mol/dm^3 oraz roztwory substancji organicznych, alizaryny S i błękitu bromotymolowego. Stanowisko wyposażone jest w palnik i łapę do probówek.

Uwaga! Alizaryna S służy do identyfikacji jonów glinu. Tlenki glinu i tytanu są trudno rozpuszczalne w wodzie i kwasach. Roztwory nadrtlenku sodu mogą chłonać CO_2 .

Polecenia

- a.* (2pkt.) Podaj wzory wszystkich dwudziestu substancji. Za pełną, bezbłędną odpowiedź otrzymasz 2 pkt, za każdy błąd minus 0,5 pkt.
- b.* (3pkt.) Dokonaj prób rozpuszczenia substancji z ampulek. Zaobserwuj barwę powstałych roztworów. W przypadku zawiesin pozostaw je na pewien czas konieczny do sedymentacji osadu. Na podstawie obserwacji substancji wskaż substancje na pewno nieobecne w próbkach oraz substancje, których obecność jest prawdopodobna.
- c.* (3 pkt.) Na podstawie danych zawartych w tabeli widm atomowych próbek i obserwacji z punktu drugiego poleceń, zaproponuj skład każdej z czterech mieszanin.
- d.* (14 pkt.) Wykonaj charakterystyczne próby celem identyfikacji substancji lub potwierdzenia przypuszczeń. Uzasadnij identyfikację składników mieszanin oraz substancji pojedynczych.
- e.* (6 pkt.) Napisz równania reakcji zachodzących w trakcie rozpuszczania substancji oraz prób wykonanych w celu identyfikacji. Punktowane jest 12 równań. $12 \times 0,5 = 6$ pkt.
- f.* (2 pkt.) Wyjaśnij granatowe zabarwienie substancji w jednej z ampulek.

Uwaga!

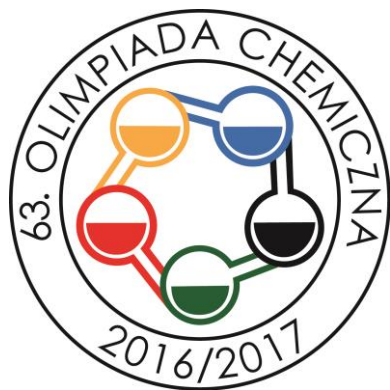
Obejrzyj uważnie arkusz odpowiedzi. Zaplanuj i wpisz rozwiązanie tak, by mieściło się w wyznaczonym miejscu. Stosuj skróty podane w arkuszu odpowiedzi.

Gospodaruj oszczędnie roztworami, dolewki nie są możliwe.

Pamiętaj o zachowaniu zasad bezpieczeństwa podczas wykonywania analiz!

Sumaryczna punktacja za zadanie laboratoryjne – 30 pkt.

Czas wykonania zadania 240 minut.



ETAP II

28.01.2017

Rozwiązanie zadania laboratoryjnego

Przykładowe rozmieszczenie substancji

	Nazwa substancji
1	siarczan(VI) miedzi(II); tlenek glinu (M1)
2	chlorek miedzi(II); azotan(V) srebra (M3)
3	chlorek niklu(II); siarczan wapnia-woda(2/1) (M4)
4	chlorek kobaltu(II); chlorek wapnia (M2)

Nr	Nazwa substancji
5	siarczan(VI) żelaza(III)
6	siarczan(VI) wodorotlenek chromu(III)
7	chlorek baru-woda(1/2)
8	nadtlenek sodu

Ad a. Wzory substancji

		Punktacja	Rec 1	2p	Rec 2		Sprec	
Nazwa substancji	Wzór substancji	Nazwa substancji	Wzór substancji					
siarczan(VI) miedzi(II)	CuSO_4	siarczan(VI) wodorotlenek chromu(III)	$\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$					
siarczan(VI) miedzi(II)-woda(1/5)	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	siarczan(VI) wapnia-woda(2/1)	$\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$					
chlorek miedzi(II)	CuCl_2	chlorek wapnia	$\text{CaCl}_2 \cdot$					
chlorek miedzi(II)-woda(1/2)	$\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	tlenek glinu	Al_2O_3					
chlorek niklu(II)	NiCl_2	chloran(VII) magnezu	$\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$					
chlorek niklu(II)-woda(1/4)	$\text{NiCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	siarczan(VI) magnezu	MgSO_4					
chlorek kobaltu(II)	CoCl_2	azotan(V) srebra	AgNO_3					
chlorek kobaltu(II)-woda(1/4)	$\text{CoCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	ditlenek tytanu	TiO_2					
siarczan(VI) żelaza(III)	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	nadtlenek sodu	Na_2O_2					
octan ołowiu(II)-woda(1/3)	$\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	chlorek baru-woda(1/2)	$\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$					

Ad b. Próby rozpuszczalności

Punktacja	Rec 1	3p	Rec 2		Sppec	
W ampulkach nie ma substancji o charakterystycznych barwach uwodnionych soli miedzi i kobaltu (odpowiednio niebieskiej i różowej), co wskazuje, że są one nieobecne w próbkach. Substancja w ampulce 4, o barwie częściowo ciemnogramatowej, jest mazista, zaś po rozcieńczeniu wodą staje się różowa. Może to wskazywać na obecność soli kobaltu. Szarzielona barwa substancji w ampulce 6 wskazuje na obecność soli chromu(III) lub niklu. Ampułki 1 i 2 zawierają mieszaniny soli miedzi (niebieska barwa roztworów nad osadem) i substancji nierozpuszczalnych w wodzie, zaś ampulka 3 (w której znajduje się żółtawa substancja) sól niklu (zielony roztwór nad osadem) i substancję nierozpuszczalną w wodzie, gdyż próby całkowitego rozpuszczenia nie powiodły się, mimo dość długiego ogrzewania. W tej ampulce znajduje się bezwodna sól niklu, co również wskazuje, że ampulka 6 może zawierać sól chromu(III). Podczas rozpuszczania substancji z ampulki 2 (białobrunatny proszek) powstał biały, serowaty osad, co może wskazywać na obecność soli srebra. Niebieska barwa roztworu nad osadem wskazuje na obecność w tej ampulce bezwodnego chlorku miedzi (uwodniony nie byłby brunatny). Substancje z pozostałych ampulek są rozpuszczalne w wodzie, choć substancja z ampulki 5 tworzy lekko żółtawy roztwór dopiero po ogrzaniu. Może to wskazywać na bezwodną sól żelaza(III). Wykonując próby z odczynnikami organicznymi stwierdzono, że odczyn roztworu, uzyskany po rozpuszczeniu zawartości z ampulki 8 jest mocno alkaliczny, co wskazuje na obecność w tej ampulce nadtlenu sodu (sam roztwór jest bezbarwny). Drugi bezbarwny roztwór może zawierać chlorek baru, octan ołowiu lub sole magnezu.						

Ad c. Identyfikacja jonów metali w mieszaninach na podstawie emisyjnych widm atomowych

Nr miesz	wykryto	Uzasadnienie	Punktacja		
			Rec 1	Rec 2	Sppec
1	Cu Al	Piki przy dł. fali λ ok. 325 nm (o większej intensywności) i ok. 327 nm (o mniejszej intensywności) odpowiadają liniom miedzi odpowiednio 324,74 nm (100) i 327,37 nm (81). Piki przy λ ok. 308 nm (o mniejszej intensywności) i ok. 309 nm (o większej intensywności) odpowiadają liniom glinu odpowiednio przy 308,21 nm (63) i 309,37 nm (100).	0,75		
2	Ca Co	Najbardziej intensywne piki przy λ 316 nm (o mniejszej intensywności) i 318 nm (o większej intensywności, pik podwójny) odpowiadają liniom wapnia odpowiednio przy λ 315,89 nm (89), 317,91 nm (100) i 318,13 nm (24). Pozostałe piki zlokalizowane przy λ 304, 339, 306, i 307 nm (uszeregowane wg malejącej intensywności) odpowiadają liniom kobaltu odpowiednio przy 304,40 nm (26); 306,12 nm (19); 307,23 nm (15) i 339,55 nm (22).	0,75		
3	Ag Cu	Najbardziej intensywne piki przy λ 328 nm (o większej intensywności) i 338 nm (o mniejszej intensywności) odpowiadają liniom srebra odpowiednio przy λ 328,04 nm (100) i 338,27 nm (84). Pozostałe piki przy λ ok. 325 nm (o większej intensywności) i ok. 327 nm (o mniejszej intensywności) odpowiadają liniom miedzi odpowiednio przy λ 324,74 nm (100) i 327,37 nm (81).	0,75		
4	Ni Ca	Charakterystyczne piki przy λ 316 nm (o mniejszej intensywności) i 318 nm (o większej intensywności, pik podwójny) odpowiadają liniom wapnia odpowiednio przy λ 315,89 nm (89), 317,91 nm (100) i 318,13 nm (24). Piki zlokalizowane przy λ 310, 338, 301, 313 i 305 nm (uszeregowane wg malejącej intensywności) odpowiadają liniom niklu odpowiednio przy λ 301,18 nm (61); 305,77 nm (46); 310,18 nm (100); 313,41 nm (54) i 338,06 nm (73).	0,75		

Ad d. Identyfikacja substancji					
Nr amp	wykryto	Uzasadnienie	Punktacja		
			Rec 1	Rec 2	Sprec
1	M1 CuSO ₄ Al ₂ O ₃	Biały proszek, po rozpuszczeniu niebieski roztwór R1 i biały osad O1 R1 + NH ₃ → nieb↓; rwno, cnieb roztw; +HNO ₃ → bnieb roztw R1 + R8 → nieb↓; nrwno; +HNO ₃ → rozp, bladoniebieski roztwór R1 + R7 → biały, kryst↓; +HNO ₃ → nrozp, O1 + HNO ₃ → brak widocznego rozpuszczenia O1 + alizaryna S → czerwono-fioletowa zawiesina	2,0		
2	M3 CuCl ₂ AgNO ₃	Biało-brązowy proszek, po rozpuszczeniu biały, serowaty osad O2 i niebieski roztwór R2. R2 + R7 → biały, serowaty↓ R2 + NH ₃ → nieb↓; rwno, cnieb roztw; +HNO ₃ → bnieb roztw + biały, serowaty↓ R2 + R4 → biały↓, serowaty; +HNO ₃ → nrozp, R2 + R8 → brun↓, nrwn; brun↓+HNO ₃ → rozp; brun↓+NH ₃ → rozp O2 + NH ₃ → rozp, bezb roztw; +HNO ₃ → biały, serowaty↓	2,0		
3	M4 NiCl ₂ CaSO ₄ · ½H ₂ O	Biało-żółty proszek, po rozpuszczeniu biały, kryst osad O3, roztwór zielonkawy R3. R3 + R8 → ziel↓; nrwno R3 + NH ₃ → bziel↓; rwno, zielnieb roztw; +HNO ₃ → ziel roztw R3 + R2 → biały↓, serowaty; +HNO ₃ → nrozp, O3 + HNO ₃ → nrozp Ciecz znad O3 + R7 → biały↓, kryst; +HNO ₃ → nrozp	2,0		
4	M2 CoCl ₂ CaCl ₂	Barwa niejednorodna, na dnie biało-niebieska, z wierzchu granatowa Po rozpuszczeniu roztwór różowy. O mieszaninie świadczy analiza spektralna. R4 + R2 → biały↓, serowaty; +HNO ₃ → nrozp, R4 + R5 → żółty roztwór + biały↓, kryst R4 + NH ₃ → szaronieb↓; ciecz znad osadu + R6 → biały↓, kryst R4 + NH ₃ → szaronieb↓; + NH ₃ → szaronieb roztw; +HNO ₃ → różowy roztw	2,0		
5	Fe ₂ (SO ₄) ₃	Biały proszek, po rozpuszczaniu na gorąco roztwór lekko brunatny R5 + NH ₃ → brun↓; nrwno; +HNO ₃ → lekko brunatny roztwór R5 + R8 → brun↓; nrwno; +HNO ₃ → lekko brunatny roztwór R5 + R7 → biały↓, kryst; +HNO ₃ → nierozp R5 + R4 → żółty roztwór + biały↓, kryst	1,5		
6	Cr(OH)SO ₄	Szarozielony proszek, po rozpuszczeniu szmaragdowozielony roztwór R6 + NH ₃ → ziel↓, galaretowaty; nrwno; +HNO ₃ → zielony roztwór R6 + R8 → ziel↓, galaretowaty; rwno, po ogrzaniu żółty roztwór R6a; +HNO ₃ → pomarańcz roztwór żółty roztwór R6a + R2 → czerwonebrun↓; +HNO ₃ → pomarańczowy roztwór żółty roztwór R6a + R7 → żółty↓; +HNO ₃ → pomarańczowy roztwór	1,5		

7	$\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Biały proszek, po rozpuszczeniu roztwór bezbarwny, odczyn obojętny	1,5		
		$\text{R7} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{bz}$ (wyklucza to obecność soli Mg i Pb)			
		$\text{R7} + \text{R8} \rightarrow \text{biały} \downarrow$ nikły, nrwno; $+ \text{HNO}_3 \rightarrow \text{rozp}$, drobne pęcherzyki gazu, brak zapachu octu			
		$\text{R7} + \text{R1}$ (R5, R6) $\rightarrow \text{biały} \downarrow$, kryst; $+ \text{HNO}_3 \rightarrow \text{nrozp}$ $\text{R7} + \text{R2} \rightarrow \text{biały} \downarrow$, serowaty; $+ \text{HNO}_3 \rightarrow \text{nrozp}$			
8	Na_2O_2	Biały proszek, po rozpuszczeniu roztwór bezbarwny przy rozpuszczaniu widać powstające pęcherzyki gazu, odczyn silnie alkaliczny	1,5		
		$\text{R8} + \text{R2} \rightarrow \text{czarny} \downarrow$; $+ \text{HNO}_3 \rightarrow \text{rozp}$; $\text{czarny} \downarrow + \text{NH}_3 \rightarrow \text{rozp}$			
		$\text{R8} + \text{R6} \rightarrow \text{żółty roztwór}$			
		$\text{R8} + \text{R5} \rightarrow \text{brun} \downarrow$			

Stosowane skróty:

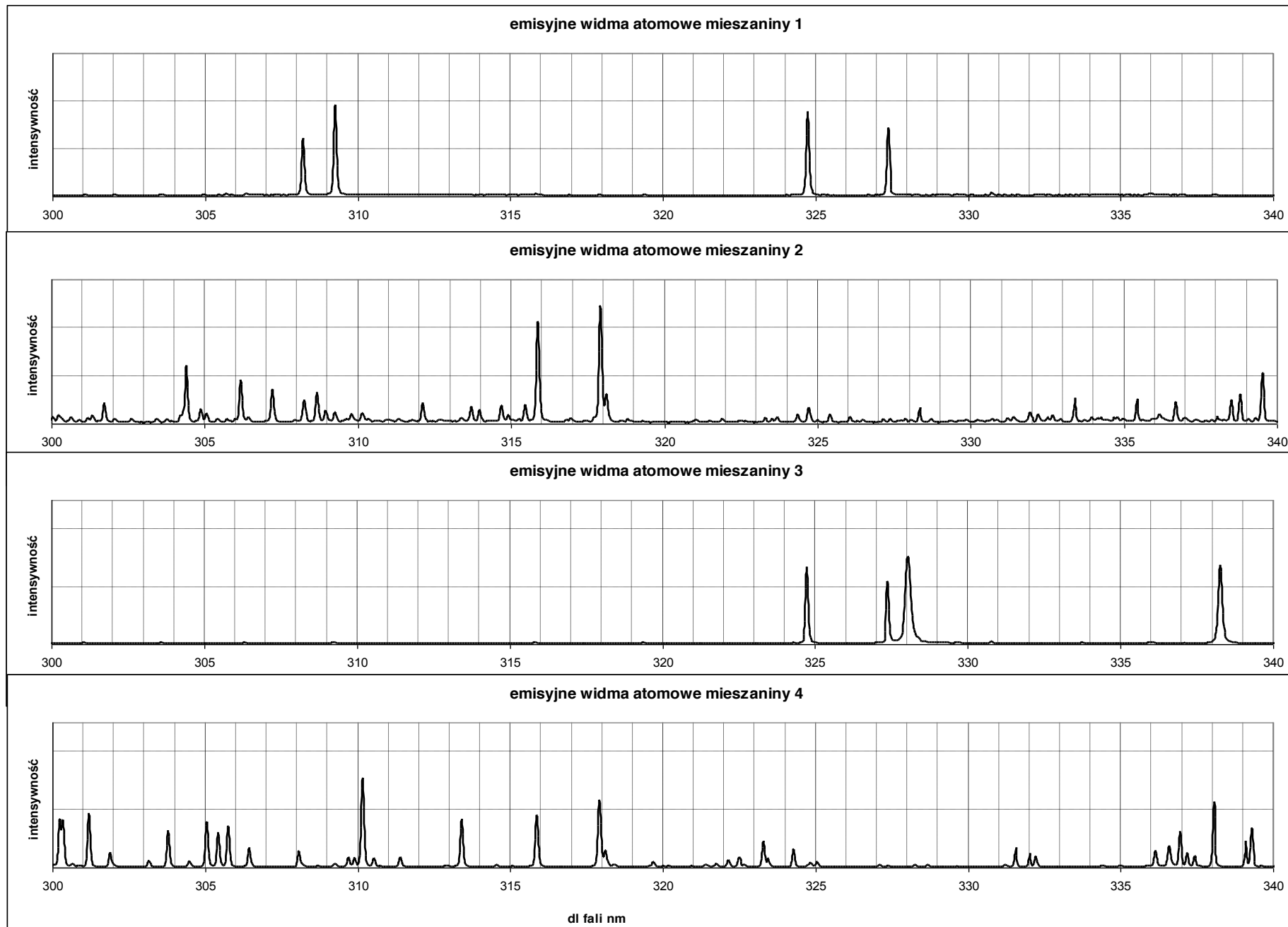
R1...R8 – roztwór po rozpuszczeniu substancji z ampulki 1...8; O1, O2... - osad powstały po rozpuszczeniu zawartości ampulki 1, 2...; $\rightarrow \text{brun} \downarrow$ – powstaje brunatny osad, rwno – rozpuszczalny w nadmiarze odczynnika; nrwno – nierozpuszczalny w nadmiarze odczynnika; bz – bez zmian, rozp – rozpuszczalny; nrozp – nierozpuszczalny; kryst – krystaliczny

Ad e. Równania reakcji					
Lp	Numery ampulek	Równanie reakcji	Punktacja		
			Rec 1	Rec 2	Sprec
1.	Amp 2. rozpuszcz.	$\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{AgCl} \downarrow$	0,5		
2.	Amp 8. rozpuszcz.	$\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}_2$ lub $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NaHO}_2 + \text{NaOH}$	0,5		
3.	R1, R2; + NH_3	$\text{Cu}^{2+} + \text{Cl}^- + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})\text{Cl} \downarrow + \text{NH}_4^+$ lub $\text{Cu}^{2+} + 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NH}_4^+$	0,5		
4.	Prod reakcji 3 + NH_3	$\text{Cu}(\text{OH})\text{Cl} \downarrow + 4\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + \text{Cl}^- + \text{OH}^-$ lub $\text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow + 4\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 2\text{OH}^-$	0,5		
5.	R1, R6 + R7	$\text{SO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} \rightleftharpoons \text{BaSO}_4 \downarrow$	0,5		
6.	Prod reakcji 1 + $\text{NH}_3 + \text{HNO}_3$	$\text{AgCl} \downarrow + 2\text{NH}_3 \rightleftharpoons [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + \text{Cl}^-$ $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + \text{Cl}^- + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{AgCl} \downarrow + 2\text{NH}_4^+$	0,5		
7.	R4 + R5	$\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+} + 6\text{Cl}^- \rightleftharpoons [\text{FeCl}_6]^{3-} + 6\text{H}_2\text{O}$	0,5		
8.	R5 + NH_3	$\text{Fe}^{3+} + 3\text{NH}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{NH}_4^+$	0,5		

9.	R6 + R8	$\text{Cr(OH)}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Cr(OH)}_3\downarrow$	0,5		
10.	Prod reakcji 9 + R8	$2\text{Cr(OH)}_3\downarrow + 4\text{OH}^- + 3\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CrO}_4^{2-} + 8\text{H}_2\text{O}$	0,5		
11.	Prod reakcji 10 + R7	$\text{CrO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} \rightleftharpoons \text{BaCrO}_4\downarrow$	0,5		
12.	R2 + R8	$2\text{Ag}^+ + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Ag}_2\text{O}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$	0,5		

Ad f. Substancja o barwie ciemnogramatowej	Punktacja		
	Rec 1	Rec 2	Sprec
Mieszanina w ampułce 4, całkowicie rozpuszczalna w wodzie, składa się z chlorku kobaltu i chlorku wapnia. Na dnie ampułki mieszanina ma barwę białą-niebieską. Góra mieszaniny, na skutek zwilżenia etanolem przyjmuje barwę granatowo-niebieską, co jest przejawem tzw. solwatochromizmu. Duże stężenie jonów chlorkowych (od CaCl_2) sprzyja powstawaniu kompleksu $[\text{Co}(\text{Cl}_4)]^{2-}$, który zmienia zabarwienie na granatowe w obecności polarnych rozpuszczalników organicznych. Dodanie nawet kropli wody sprawia, że próbka staje się różowa. Barwa ta jest charakterystyczna dla uwodnionej soli kobaltu. Na podobnym zjawisku opiera się reakcja wykrywania kobaltu z jonami tiocyjanianowymi, w której wprowadzenie acetonu zmienia zabarwienie roztworu z niemal bezbarwnego na intensywnie niebieskie.	2p		

Załącznik nr 1 do zadania laboratoryjnego



Załącznik 2. Atomowe widma emisyjne metali mogących wystąpić w ampulkach

Pierwia stek	λ , nm	Intensy wność
Ag	224,65	17
Ag	241,30	17
Ag	243,77	19
Ag	328,04	100
Ag	338,27	84
Al	236,70	14
Al	237,31	24
Al	256,77	13
Al	257,50	21
Al	308,21	63
Al	309,27	100
Ba	230,40	76
Ba	230,44	70
Ba	233,52	100
Ba	234,73	26
Ba	263,44	16

Pierwia stek	λ nm	Intensy wność
Ca	239,83	6
Ca	300,65	11
Ca	315,89	89
Ca	317,91	100
Ca	318,13	24
Co	228,60	72
Co	230,78	78
Co	231,16	50
Co	231,39	55
Co	236,36	59
Co	237,84	72
Co	238,33	55
Co	238,89	100
Co	258,01	70
Co	279,53	65
Co	304.40	26
Co	306.16	19
Co	307.23	15
Co	308.66	14

Pierwia stek	λ , nm	Intensy wność
Co	335.45	11
Co	338.79	11
Co	339.55	22
Cr	267,67	81
Cr	269,81	44
Cr	275,05	42
Cr	276,24	54
Cr	276,66	51
Cr	283,55	100
Cr	284,31	87
Cr	284,96	73
Cr	285,55	56
Cr	285,85	46
Cr	286,23	53
Cr	286,47	56
Cr	286,51	55
Cr	286,64	58
Cr	287,6	46
Cr	301,47	43

Pierwia stek	λ , nm	Intensy wność
Cr	312,48	45
Cr	313,19	55
Cu	219,24	28
Cu	224,26	28
Cu	224,69	40
Cu	224,72	30
Cu	324,74	100
Cu	327,37	81
Fe	234,36	43
Fe	234,81	39
Fe	238,18	57
Fe	238,85	30
Fe	239,53	57
Fe	239,91	32
Fe	240,47	47
Fe	241,03	46
Fe	249,05	28

Pierwia stek	λ , nm	Intensy wność
Fe	256,22	29
Fe	258,55	55
Fe	259,9	100
Fe	260,66	54
Fe	261,34	43
Fe	261,74	34
Fe	262,54	43
Fe	262,79	35
Fe	263,08	91
Fe	273,92	59
Fe	274,66	65
Fe	274,91	87
Fe	275,54	70
Fe	297,29	30
Fe	302,07	55
Mg	277,64	9
Mg	277,78	8
Mg	277,96	18

Pierwia stek	λ nm	Intensy wność
Mg	278,1	9
Mg	278,27	9
Mg	279,04	24
Mg	279,53	100
Mg	279,77	45
Mg	280,26	95
Mg	285,2	45
Na	285,24	29
Na	330,25	100
Ni	217,49	41
Ni	221,64	59
Ni	227,03	48
Ni	227,87	44
Ni	229,71	83
Ni	230,28	70
Ni	231,58	77

Pierwia stek	λ , nm	Intensy wność
Ni	239,42	58
Ni	300,25	55
Ni	300,35	53
Ni	301,18	61
Ni	303,78	41
Ni	305,09	51
Ni	305,77	46
Ni	310,18	100
Ni	313,41	54
Ni	336,95	40
Ni	338,06	73
Ni	339,32	43
Pb	220,36	33
Pb	224,69	25
Pb	239,34	48
Pb	257,71	33
Pb	261,38	98
Pb	266,28	49

Pierwia stek	λ , nm	Intensy wność
Pb	280,19	100
Pb	282,30	54
Pb	283,27	57
Pb	287,29	66
Ti	306,62	25
Ti	307,27	25
Ti	307,49	29
Ti	307,85	37
Ti	308,79	45
Ti	323,45	58
Ti	323,63	53
Ti	323,88	42
Ti	324,19	35
Ti	324,84	18
Ti	334,91	100
Ti	336,10	63
Ti	337,27	53
Ti	338,36	45