

7^e Internationale Chemieolympiade, Veszprém 1975, Hongarije

Theorie

Opgave 1

Hoeveel g aluin, $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ kristalliseert uit als uit 320 g van een bij 20 °C verzadigde $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ -oplossing 160 g water verdampt bij 20 °C?

De bij 20°C verzadigde oplossing bevat 5,50 massa-% $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$.

S = 32,06 O = 16,0 H = 1,01 K = 39,10 Al = 26,98

Opgave 2

Een legering, gemaakt voor experimentele doeleinden, bevat aluminium, zink, silicium en koper. 1000 mg van deze legering geeft bij oplossen in zoutzuur 843 cm³ waterstof (0 °C en 101,325 kPa) en 170 mg onopgelost residu blijft achter.

500 mg van de legering geeft bij reactie met natronloog 517 cm³ waterstof (0 °C en 101,325 kPa) en nu blijft ook weer een onopgeloste fractie over.

Vraag

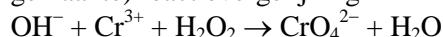
1. Bereken de samenstelling van de legering in massa-%.

Al = 26,98 Zn = 65,37 Si = 28,09 Cu = 63,55

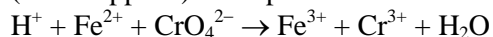
Opgave 3

1500 mg van een legering die zilver, koper en chroom bevat, wordt opgelost en de oplossing met Ag^+ , Cu^{2+} en Cr^{3+} ionen wordt verdund tot exact 500 cm³. Van deze oplossing neemt men een tiende deel voor de verdere werkwijze:

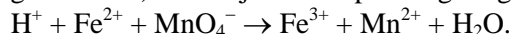
Na verwijdering van zilver en koper wordt chroom geoxideerd volgens de (niet kloppend gemaakte) reactievergelijking



Vervolgens wordt 25,00 cm³ 0,100 M Fe(II)zoutoplossing toegevoegd. De volgende reactie (niet kloppend) vindt plaats:



17,20 cm³ 0,020 M KMnO_4 -oplossing is nodig voor de oxidatie van het Fe(II)zout dat (niet geoxideerd) overblijft in de oplossing volgens (niet kloppende) reactie:



Bij een ander experiment wordt 200 cm³ van de beginoplossing geëlektrolyseerd. Door nevenreacties verloopt de elektrolyse van de metalen met een rendement van 90 %. Alle drie metalen worden in 14,50 minuten kwantitatief neergeslagen bij een stroomsterkte van 2 A.

Vraag

1. Geef de reactievergelijkingen van de drie reacties en bereken de samenstelling van de legering in massa-%.

Cu 63,55 Ag 107,87 Cr 52,00

Opgave 4

Een 3 massa-% oplossing van methaanzuur ($\rho = 1,0049 \text{ g cm}^{-3}$) heeft een pH = 1,97.

Vraag

Met welke factor moet de oplossing verdund worden om de waarde van de ionisatiegraad met een factor tien te laten toenemen?

H 1,01 C 12,01 O 16,00

Opgave 5

Een bepaald aldehyd **B** volgt het aldehyd **A** op in de homologe reeks van de aldehyden. 19 g **B** wordt toegevoegd aan een oplossing met 23 massa-% **A** in water. Toevoegen van een ammoniakale zilveroplossing aan 2 g aldehydenoplossing levert 4,35 g zilverneerslag.

Vragen

1. Bepaal door berekening welke aldehyden werden gebruikt.
2. Geef de structuurformules van de aldehyden.

Gegeven:

C 12,01 O 16,00 H 1,01 Ag 107,87

Opgave 6

De evenwichtsconstante K van de reactie $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2 \text{HI}$ is bij $600\text{ }^\circ\text{C}$ gelijk aan 70,0.

Vragen

- Hoeveel % jood wordt omgezet tot instelling van het evenwicht, als de reagentia worden gemengd in:
 - 1 : 1 molverhouding bij $600\text{ }^\circ\text{C}$
 - 2 : 1 molverhouding bij $600\text{ }^\circ\text{C}$ (de hoeveelheid waterstof is tweemaal zo groot als die van jood).
- Hoeveel mol waterstof moet gemengd worden met één mol jood om 99 % jood om te zetten in waterstofjodide tot het evenwicht bij $600\text{ }^\circ\text{C}$ bereikt is?

Opgave 7

Een bepaalde verzadigde koolwaterstof **A** wordt door katalytische oxidatie deels omgezet in een secundaire alcohol **B** en deels in een keton **C**. Oxidatie van het keton met salpeterzuur in aanwezigheid van een katalysator geeft verbinding **D** met formule $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4$. Verhitten van verbinding **D** in aanwezigheid van azijnzuuranhydride geeft een keton **E** onder gelijktijdig vrijkomen van CO_2 en H_2O . Verbindingen **E** en **C** hebben soortgelijke structuren, maar verbinding **E** heeft een methyleengroep minder dan keton **C**. Verbinding **D** is een van de uitgangsstoffen bij de productie van een belangrijke synthetische polycondensatie vezel.

Vraag

- Geef de structuurformules van verbindingen **A**, **B**, **C**, **D** en **E**.

Opgave 8

- Geef met een +-teken in het juiste vakje aan de moleculen aan waarvoor de beweringen links in de tabel waar zijn.

↓bewering \ molecuul→	C_2H_4	N_2H_4	H_2O_2	H_2F_2
tussen gelijke atomen is er een covalente binding				
het molecuul heeft een dubbele binding				
het molecuul is vlak				
het molecuul is polair				
in het molecuul is ook een H-brug				
het heeft basische eigenschappen t.o.v. water				

- De volgende bewering en tabel is onvolledig. Vul op de puntjes het ontbrekende woord en de ontbrekende formules in. Bewering:
de elektronenstructuur van de moleculen (ionen) die in de tabel onder elkaar staan zijn

CH_4	C_2H_6	CO_3^{2-}	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$
NH_4^+	$\text{N}_2\text{H}_6^{2+}$	NO_2^+	N_2

Uitwerkingen theorie

Opgave 1

$$\text{a) } 5,5 \text{ g} \hat{=} 10,10 \text{ g KAl(SO}_4)_2 \cdot 12 \text{ H}_2\text{O}$$

$$(100 - 10,10) \text{ g H}_2\text{O} \hat{=} 10,10 \text{ g KAl(SO}_4)_2 \cdot 12 \text{ H}_2\text{O}$$

$$160 \text{ g H}_2\text{O} \hat{=} x \text{ g KAl(SO}_4)_2 \cdot 12 \text{ H}_2\text{O}$$

$$x = 17,98 \text{ g KAl(SO}_4)_2 \cdot 12 \text{ H}_2\text{O}$$

b) alternatieve oplossing:

Stel x = massa kristallijn aluin

y = massa verz. aluinoplossing die overblijft na kristallisatie

massafractie $\text{KAl(SO}_4)_2$ in het kristalhydraat is gelijk aan 0,544 $\Rightarrow 320 = x + y + 160 \Rightarrow y = 160 - x$

$$\text{massabalans: } 320 \cdot 0,055 = x \cdot 0,544 + (160 - x) \cdot 0,055 \Rightarrow x = 17,99 \text{ g}$$

Opgave 2

1. HCl lost op: Al, Zn

NaOH lost op: Al, Zn, Si

$$\frac{0,843 \text{ L}}{22,414 \text{ L mol}^{-1}} = 37,61 \text{ mmol H}_2 \quad (\text{Al, Zn})$$

$$\frac{2 \cdot 0,517 \text{ L}}{22,414 \text{ L mol}^{-1}} = 46,13 \text{ mmol H}_2 \quad (\text{Al, Zn, Si})$$

Uit het verschil: $8,52 \text{ mmol H}_2 \hat{=} 4,26 \text{ mmol Si}$

$$m(\text{Si}) = 4,26 \text{ mmol} \cdot 28,09 \text{ g mol}^{-1} = 119,7 \text{ mg} \Rightarrow 11,97 \%$$

$$m(\text{Si}) + m(\text{Cu}) = 170 \text{ mg} \Rightarrow m(\text{Cu}) = 170 \text{ mg} - 119,7 \text{ mg} = 50,3 \text{ mg} \Rightarrow 5,03 \%$$

$$m(\text{Zn}) + m(\text{Al}) = 1000 - 170 = 830 \text{ mg}$$

$$x \text{ mg Al} \hat{=} \frac{3}{2} \cdot \frac{x}{26,98} \text{ mmol H}_2$$

$$(830 - x) \text{ mg Zn} \hat{=} \frac{830 - x}{65,37} \text{ mmol H}_2$$

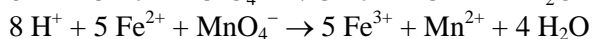
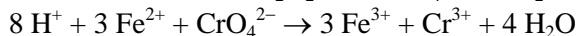
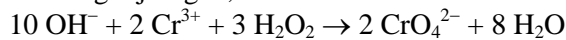
$$\frac{3}{2} \cdot \frac{x}{26,98} + \frac{830 - x}{65,37} = 37,61 \text{ (mmol H}_2)$$

$$x = 618,2 \text{ mg Al (in 1000 mg legering)} \Rightarrow 61,82 \%$$

$$m(\text{Zn}) = 830 \text{ mg} - 618,2 \text{ mg} = 211,8 \text{ mg (in 1000 mg legering)} \Rightarrow 21,18 \%$$

Opgave 3

1. vergelijken;



hoeveelheid Cr:

$$17,20 \cdot 0,02 = 0,344 \text{ mmol KMnO}_4$$

$$5 \cdot 0,344 = 1,72 \text{ mmol Fe}^{2+}$$

$$\text{gereageerd: } 25 \cdot 0,1 - 1,72 = 0,78 \text{ mmol Fe}^{2+}$$

Dat komt overeen met: $0,78/3 = 0,26 \text{ mmol Cr}$ in 150 mg legering

$$m(\text{Cr}) = 2,6 \text{ mmol} \cdot 52 \text{ g mol}^{-1} = 135,2 \text{ mg in 1500 mg legering} \Rightarrow 9,013 \text{ massa-\% Cr}$$

hoeveelheid Cu en Ag: (twee mogelijke oplossingen)

$$\text{a) } Q = \frac{2 \times 14,4 \times 1000}{60 \times 26,8} \cdot 0,9 = 16,23 \text{ mF} / 600 \text{ mg}$$

$$Q(\text{Cr}) = 2,6 \cdot 3 \cdot \frac{600}{1500} = 3,12 \text{ mF}$$

$$Q(\text{Cu} + \text{Ag}) = 16,23 - 3,12 = 13,11 \text{ mF}$$

$$m(\text{Cu} + \text{Ag}) = 600 - \frac{600}{1500} \cdot 135,2 = 545,9 \text{ mg}$$

$$x \text{ mg Cu} + (545,9 - x) \text{ mg Ag}$$

$$\text{Voor neerslaan van Cu: } \frac{2x}{63,55} \text{ mF}$$

$$\text{Voor neerslaan van Ag: } \frac{545,9 - x}{107,87} \text{ mF}$$

$$13,11 = \frac{2x}{63,55} + \frac{545,9 - x}{107,87} \Rightarrow x = 362,6$$

$$m(\text{Cu}) = 362,6 \text{ mg in } 600 \text{ mg legering} \Rightarrow 60,4 \% \text{ Cu}$$

$$m(\text{Ag}) = 183,3 \text{ mg in } 600 \text{ mg legering} \Rightarrow 30,6 \% \text{ Ag}$$

$$\text{b) } Q = 40,575 \text{ mF} / 1500 \text{ mg}$$

$$Q(\text{Cr}) = 2,6 \cdot 3 = 7,8 \text{ mF}$$

$$Q(\text{Cu} + \text{Ag}) = 40,575 - 7,8 = 32,775 \text{ mF}$$

$$m(\text{Cu} + \text{Ag}) = m(\text{legering}) - m(\text{Cr}) = 1500 - 135,2 = 1364,8 \text{ mg}$$

$$\text{Voor neerslaan van Cu: } \frac{2x}{63,55} \text{ mF}$$

$$\text{Voor neerslaan van Ag: } \frac{1364,8 - x}{107,87} \text{ mF}$$

$$32,775 = \frac{2x}{63,55} + \frac{1364,8 - x}{107,87} \Rightarrow x = 906,26$$

$$m(\text{Cu}) = 906,26 \text{ mg in } 1500 \text{ mg legering} \Rightarrow 60,4 \% \text{ Cu}$$

$$m(\text{Ag}) = 458,54 \text{ mg in } 1500 \text{ mg legering} \Rightarrow 30,6 \% \text{ Ag}$$

Opgave 4

$$1. \quad c_1 = \frac{n_1}{V} = \frac{1004,9 \text{ g} \cdot 0,03}{1 \text{ dm}^3} = 0,655 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

$$\text{pH} = 1,97; [\text{H}^+] = 1,0715 \cdot 10^{-2} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

$$\alpha_1 = \frac{[\text{H}^+]}{c_1} = 0,01636 (1,636 \%)$$

Berekening c_2 na verdunnen (twee mogelijke oplossingen)

$$\text{a) } K_z = \frac{\alpha_1^2 \cdot c_1}{1 - \alpha_1} \quad (1)$$

$$K_z = \frac{\alpha_2^2 \cdot c_2}{1 - \alpha_2} = \frac{(10\alpha_1)^2 \cdot c_2}{1 - 10\alpha_1} \quad (2)$$

Uit (1) en (2) volgt:

$$\frac{c_1}{c_2} = \frac{100(1 - \alpha_1)}{1 - 10\alpha_1} = 117,6$$

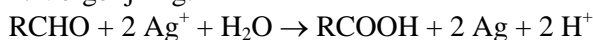
$$\text{b) } K_z = \frac{[\text{H}^+]^2}{c - [\text{H}^+]} = \frac{1,0715^2 \cdot 10^{-4}}{0,655 - 1,0715 \cdot 10^{-2}} = 1,78 \cdot 10^{-4}$$

$$c_2 = \frac{K_z(1 - 10\alpha_1)}{(10\alpha_1)^2} = 5,56 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$

$$\frac{c_1}{c_2} = \frac{6,55 \cdot 10^{-1}}{5,65 \cdot 10^{-3}} = 117,8$$

Opgave 5

1. Vergelijking:



Berekening hoeveelheid stof (twee mogelijke oplossingen)

$$\text{a) } n(\text{Ag}) = \frac{4,35 \text{ g}}{107,87 \text{ g mol}^{-1}} = 0,04033 \text{ mol}$$

$$n(\text{A}) + n(\text{B}) = 0,020165 \text{ mol in } \frac{2}{119} \cdot 42 = 0,70588 \text{ g}$$

$$\text{b) } \frac{119}{2} \cdot 4,35 = 258,825 \text{ g Ag} \hat{=} 2,3994 \text{ mol Ag}$$

$$n(\text{A}) + n(\text{B}) = 1,1998 \text{ mol in } 42 \text{ g aldehyden.}$$

Berekening molaire massa's (drie mogelijke oplossingen)

$$\text{A) } \frac{m(\text{A})}{M(\text{A})} + \frac{m(\text{B})}{M(\text{B})} = \frac{m(\text{A})}{M(\text{A})} + \frac{m(\text{B})}{M(\text{A}) + 14} = n(\text{A}) + n(\text{B})$$

$$\text{a) } m(\text{A}) = 0,3865 \text{ g}; m(\text{B}) = 0,3194 \text{ g}$$

$$n(\text{A}) + n(\text{B}) = 0,020165 \text{ mol}$$

$$M(\text{A}) = 30 \text{ g mol}^{-1}; M(\text{B}) = 44 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\text{b) } m(\text{A}) = 23 \text{ g}; m(\text{B}) = 19 \text{ g}$$

$$n(\text{A}) + n(\text{B}) = 1,998 \text{ mol}$$

$$M(\text{A}) = 30 \text{ g mol}^{-1}; M(\text{B}) = 44 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\text{B) } M(\text{A}) = 30 + 14n; M(\text{B}) = 44 + 14n \text{ (g mol}^{-1}\text{)}$$

$$\frac{m(\text{A})}{30 + 14n} + \frac{m(\text{B})}{44 + 14n} = n(\text{A}) + n(\text{B})$$

$$n = 0; M(\text{A}) = 30 \text{ g mol}^{-1}; M(\text{B}) = 44 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\text{C) } M = \frac{m(\text{A})}{n(\text{A})} + \frac{m(\text{B})}{n(\text{B})} = 35 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\text{Als } \text{R} = \text{H}, \quad M = 30 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\text{R} = \text{CH}_3, \quad M = 44 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\text{R} = \text{C}_2\text{H}_5, \quad M = 58 \text{ g mol}^{-1}$$

Bij mogelijkheid 1 en 2 $\Rightarrow 30 < M < 44$, mogelijkheid 2 en 3 $\Rightarrow 44 < M < 58$

Omdat $30 \text{ g mol}^{-1} < 35 \text{ g mol}^{-1} < 44 \text{ g mol}^{-1}$ geldt:

$$M(\text{A}) = 30 \text{ g mol}^{-1} \quad \text{formaldehyd (methanal)}$$

$$M(\text{B}) = 44 \text{ g mol}^{-1} \quad \text{acetaldehyd (ethanal)}$$

2. A: HCHO B: CH₃CHO

Opgave 6

1 a. (twee mogelijke oplossingen)

$$\text{i) } [\text{H}_2] = [\text{I}_2] = c - x$$

$$[\text{HI}] = 2x$$

$$K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = \frac{4x^2}{(c-x)^2}; \sqrt{K} = \frac{2x}{c-x}; x = \frac{\sqrt{70} \cdot c}{2 + \sqrt{70}}; \frac{x}{c} = 0,807 \Rightarrow 80,7 \%$$

$$\text{ii) } [\text{H}_2] = [\text{I}_2] = c - c\alpha$$

$$[\text{HI}] = 2c\alpha$$

$$K = \frac{(2c\alpha)^2}{(c-c\alpha)^2} = \frac{4\alpha^2}{(1-\alpha)^2}; \sqrt{K} = \frac{2\alpha}{1-\alpha}; \alpha = 0,807 \Rightarrow 80,7 \%$$

1 b. (twee mogelijke oplossingen)

$$\text{i) } [\text{H}_2] = 2c - x; [\text{I}_2] = c - x; [\text{HI}] = 2x$$

$$K = \frac{4x^2}{(2c-x)(c-x)}; x = 0,951 c; \frac{x}{c} = 0,951 \Rightarrow 95,1 \%$$

ii) $[H_2] = 2c - c\alpha; [I_2] = c - c\alpha; [HI] = 2c\alpha$

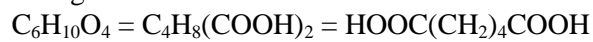
$$K = \frac{4(c\alpha)^2}{(2-c\alpha)(1-c\alpha)c^2}; \alpha = 0,951; \Rightarrow 95,1 \%$$

2. $[H_2] = xc - 0,99 c; [I_2] = c - 0,99 c; [HI] = 1,98 c$

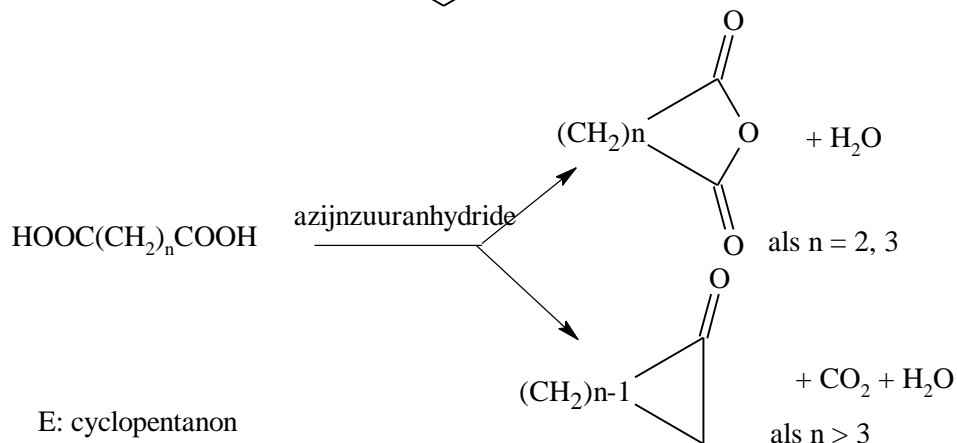
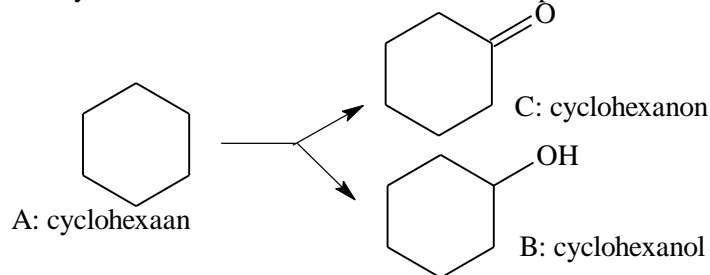
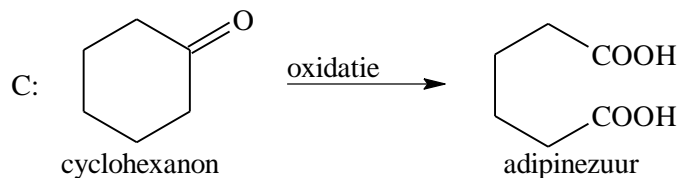
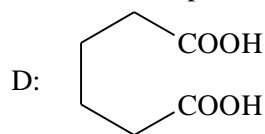
$$K = \frac{(1,98c)^2}{c^2(1-0,99)(x-0,99)} = \frac{1,98^2}{0,01(x-0,99)}; \Rightarrow x = 6,59 \text{ mol } H_2.$$

Opgave 7

1. Algemeen: keton $\xrightarrow{\text{oxidatie}}$ carbonzuur



Product **D** is adipinezuur (1,6-hexaandizuur), een grondstof voor de productie van nylon.



Opgave 8

a)

	C ₂ H ₄	N ₂ H ₄	H ₂ O ₂	H ₂ F ₂
1	+	+	+	
2	+			
3	+			+

4		+	+	+
5				+
6		+		

b) bewering: isoelektronisch

CH_4	C_2H_6	CO_3^{2-}	CO_2	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	C_2^{2-}
NH_4^+	$\text{N}_2\text{H}_6^{2+}$	NO_3^-	NO_2^+	N_2O_4	N_2

Practicum

Opgave 9

In genummerde potjes zitten waterige oplossingen van de volgende verbindingen: AgNO_3 , HCl , Ag_2SO_4 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, NH_3 en NaOH .

Laat elke verbinding reageren met de andere en geef de formules van de verbindingen het juiste potjesnummer.

Opgelet! Andere reagentia zijn niet toegestaan. Gebruik bij de reacties niet het totale volume van de oplossingen. Een paar cm^3 van de oplossing moet na je werk nog in elk potje over zijn. Je kunt het beste eerst een kladje maken, maar alleen de antwoorden, in de tabel opgetekend, worden beoordeeld.

Opdrachten

Noteer je waarnemingen in de vakjes van de tabel onder de diagonaal en gebruik daarbij de volgende uniforme symbolen:

wit neerslag

↓

gekleurd neerslag

↓↓

vorming van een in water oplosbaar complex []

[]

vrijkomen van een gas

↑

Geef in de juiste vakjes boven de diagonaal de formule van het neerslag, het complexe ion of het gas dat bij de reacties bijbehorende is.

Geef op de laatste regel van de tabel de eindresultaten verkregen op basis van je experimenten.

nummer monster	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						
formule						

Opgave 10

In elk van de genummerde reageerbuizen zit een vaste verbinding. Het kan zijn een chloride, jodide, oxide, hydroxide, sulfide, sulfaat of carbonaat, elk gecombineerd met een van de volgende kationen: Ag^+ , Pb^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} , $\text{Sb}(\text{V})$, Sn^{2+} , Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Mn^{2+} , Cr^{3+} , Al^{3+} , Zn^{2+} , Ba^{2+} .

Vraag

Geef de formule van de vaste stof in elke genummerde reageerbuis. Je mag alleen de beschikbare reagentia gebruiken.

Let op! Gebruik niet de totale hoeveelheid als je de reacties uitvoert. Een kleine hoeveelheid van de stof moet in elke reageerbuis achterblijven. Alleen de resultaten, genoteerd in onderstaande tabel, worden beoordeeld.

verbinding			
nr. monster	formule	nr. monster	formule
1		6	
2		7	
3		8	
4		9	
5			

Opgave 11

In verzegelde ampullen vind je drie monsters. Het zijn alle drie aromatische verbindingen: een koolwaterstof, een fenol en een aldehyd.

Bepaal tot welke groep van verbindingen elk genummerd monster behoort. Doe dat met de reagentia die tot je beschikking staan.

Opgelet! Open de ampullen voorzichtig. Het is niet voldoende de 'identificatie' te baseren op enkel fysische eigenschappen, zoals kleur, smaak. Alleen de resultaten weergegeven in onderstaande tabel worden beoordeeld.

nr. monster	reagens	waarneming	soort verbinding
1			
2			
3			

Opgave 12

Kristallijn natriumcarbonaat verliest een deel water bij langdurige opslag, de hoeveelheid water is dus niet constant. Na langdurige opslag heeft het een gemiddelde hoeveelheid kristalwater.

In een reageerbuis vind je een natriumcarbonaatoplossing. Hierop staat aangegeven hoeveel g $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x \text{H}_2\text{O}$ erin is opgelost.

Bepaal het kristalwatergehalte in het monster per mol natriumcarbonaat. Voer je berekening uit met een nauwkeurigheid van 0,01 mol.

Werkwijze

Breng de oplossing kwantitatief over in een 100 mL maatkolf en vul met demiwater (koolstofdioxidevrij door koken en afkoelen op kamertemperatuur) aan tot de maatstreep. Breng 10,00 mL over in een 100 mL erlenmeyer en verdun het tot ongeveer 30 mL met koolstofdioxidevrij demiwater. Voeg als indicator 2–3 druppels methyloranje toe en titreer met 0,1 M gestelde zoutzuur tot kleurverandering. Opgelost koolstofdioxide kan door 1–2 minuten te koken verwijderd worden. Als de kleur van de oplossing verandert naar geel, afkoelen en opnieuw titreren tot kleurverandering.

Vraag

Bereken het carbonaatgehalte in het monster uit het totale verbruik van 0,1 M zoutzuur.

Na 22,99 C 12,01 O 16,00 H 1,01