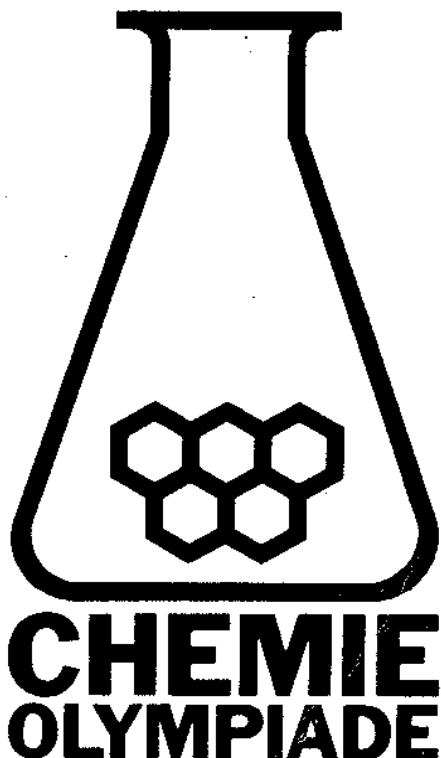


NATIONALE CHEMIE OLYMPIADE

THEORIETOETS dinsdag 9 juni 1998

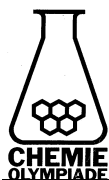
9.30 – 13.30 uur



RUG

Rijksuniversiteit Groningen

- Deze theorietoets bestaat uit □29 vragen
- De maximum score voor dit werk bedraagt 120 punten
- Deze toets duurt maximaal 4 klokuren
- Benodigde hulpmiddelen: rekenapparaat; grafiekpapier, geodriehoek; geen BINAS
- In de kantlijn is vóór elke vraag het aantal punten vermeld dat een juist antwoord op die vraag oplevert

**Opgave 1 (5+3+5+5 = 18 punten)**

Bij intensieve activiteit wordt in de spieren via een anaëroob metabolisme melkzuur gevormd. In het bloed wordt melkzuur geneutraliseerd door een reactie met waterstofcarbonaationen. De volgende berekeningen laten dit zien.

Melkzuur, geschreven als HL, is een eenwaardig zuur met een zuurconstante $K_z(\text{HL}) = 1,4 \cdot 10^{-4}$.

De zuurconstanten van koolzuur zijn: $K_{z1} = 4,5 \cdot 10^{-7}$ en $K_{z2} = 4,7 \cdot 10^{-11}$.

Alle koolstofdioxide blijft opgelost tijdens de reacties.

- 1 Bereken de pH in een $3,00 \cdot 10^3$ M HL-oplossing.
- 2 Bereken de evenwichtsconstante voor de reactie tussen melkzuur en waterstofcarbonaat.

Men voegt $3,00 \cdot 10^{-3}$ mol melkzuur (HL) toe aan 1,00 L 0,024 M NaHCO_3 -oplossing. Neem aan dat er geen volumeverandering plaatsvindt en dat de reactie volledig verloopt.

- 3 ♦ Bereken de pH in de oplossing van NaHCO_3 vóór toevoeging van HL.
- ♦ Bereken de pH in de oplossing ná toevoeging van HL.

In het bloed van een bepaald persoon daalt de pH van 7,40 tot 7,00 ten gevolge van het melkzuur dat bij fysieke activiteit vrijkomt. Stel bloed in de volgende berekening voor als een waterige oplossing met $\text{pH} = 7,40$ en $[\text{HCO}_3^-] = 0,022 \text{ mol L}^{-1}$.

- 4 Hoeveel mol melkzuur moet je toevoegen aan 1,00 L van deze oplossing om een pH van 7,00 te krijgen?

Opgave 2 (6+3 = 9 punten)

Er zijn zes structuurisomeren met de molecuulformule C_5H_8 die tot de cyclische alkenen behoren en geen ethylgroep hebben.

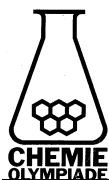
- 5 Geef de structuurformules van deze zes verbindingen.

Drie van deze verbindingen zitten in drie potjes met opschrift **A**, **B**, en **C** respectievelijk. Je weet niet welke verbinding in welk potje zit.

Bij reactie met KMnO_4 -oplossing wordt een C=C-binding open gebroken en de beide uiteinden zo ver mogelijk geoxideerd. Bij deze oxidaties geeft:

- Verbinding **A** een dicarbonsuur (**D**) met een chiraal koolstofatoom.
- Verbinding **B** een diketon (**E**) dat geen enkel chiraal koolstofatoom bevat.
- Verbinding **C** verbinding **F** die zowel een carbonsuur als een ketongroep heeft en bovendien een chiraal koolstofatoom

- 6 Geef de structuurformules van de verbindingen **A** – **F** op grond van de resultaten van deze oxidaties met KMnO_4 .

**Opgave 3 (4+1+3+1+2+1 = 12 punten)**

Het periodiek systeem der elementen in onze driedimensionale wereld is gebaseerd op de vier kwantumgetallen voor de elektronen:

kwantumgetal naam	symbool	waarden
hoofd-	n	1, 2, 3, ...
neven-	l	0, 1, 2, ..., $n - 1$
magnetisch	m_l of m	0, ± 1 , ± 2 , ..., $\pm l$
spin-	m_s of s	$\pm \frac{1}{2}$

Stel je voor dat je in Platland bent. Dat is een tweedimensionale wereld waarin het periodiek systeem der elementen is gebaseerd op drie kwantumgetallen voor de elektronen:

n	1, 2, 3, ...	deze m speelt de rol van l en m uit de driedimensionale wereld, dus s, p, en d-niveaus worden door deze m bepaald
m	0, ± 1 , ± 2 , ..., $\pm(n-1)$	
s	$s = \pm \frac{1}{2}$	

De volgende opdrachten hebben betrekking op dit tweedimensionale Platland waarin de ervaring, verkregen uit onze driedimensionale wereld, geldig is.

- 7 Teken de eerste vier perioden van het Platlandse periodiek systeem der elementen. Nummer de elementen volgens hun kernlading. Gebruik deze nummers ook als symbool. Geef bij elk element de elektronenconfiguratie.
- 8 Welke regels in Platland komen overeen met de octet- en de 18-elektronenregel in onze driedimensionale wereld?
- Bekijk de elementen met $n \leq 3$.
Elk Platlands element heeft minstens één overeenkomstig element in onze driedimensionale wereld.
- 9 Geef de chemische symbolen van deze overeenkomstige elementen en voorspel op grond van deze analogie of de tweedimensionale elementen vast, vloeibaar, of gasvormig zijn onder normale omstandigheden.
- 10 Voorspel het verloop van de eerste ionisatie-energieën van de Platlandelementen met $n = 2$. Geef dit verloop in een grafiek weer.
- 11 Teken de energieniveaus van de molecuulorbitalen van de neutrale homonucleaire tweeatomige moleculen van de elementen $n = 2$, met daarin de elektronenvulling en leid daaruit af welke van deze moleculen stabiel zijn in Platland

Opgave 4 (6+1 = 7 punten)

Bij het onderzoek naar het voorkomen van chloor in zeemosselen in de buurt van een petrochemisch bedrijf werd een nieuwe verontreiniging **X** gevonden, die zich door middel van bioaccumulatie concentreert. Deze verontreiniging werd aangetoond met behulp van een massaspectrometer gekoppeld aan een gaschromatograaf.

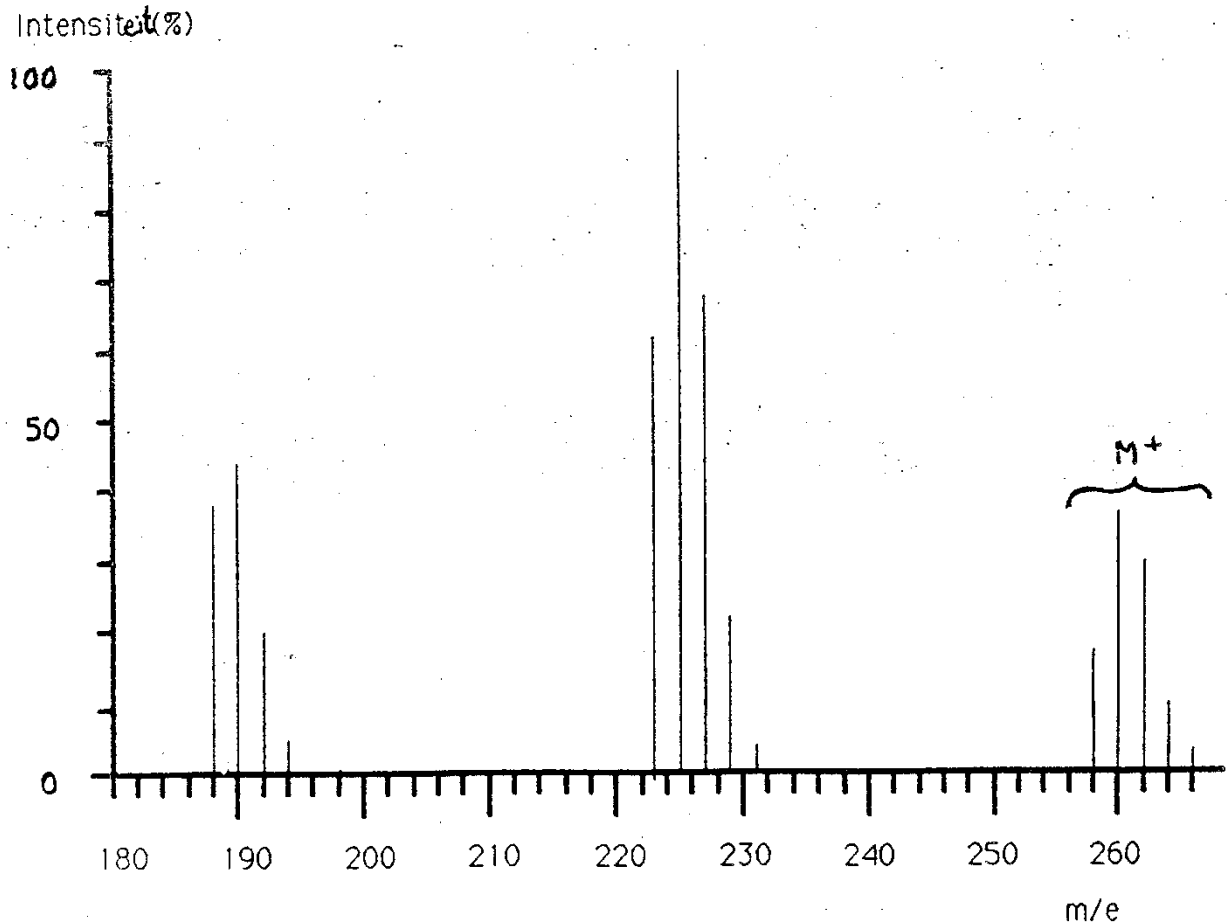
Hieronder vind je een deel van het massaspectrum van **X**.

De natuurlijke isotopensamenstelling (abundantie) van de betrokken elementen vind je in bijgaande tabel.

De hoogten van de pieken van de ionen met $m/e = 196$, 233, 268, en 270 zijn zeer klein.

De pieken van de ionen met ^{13}C zijn ter vereenvoudiging eveneens weggelaten.

element	massa	genormaliseerde abundantie	massa	genormaliseerde abundantie	massa	genormaliseerde abundantie
H	1	100,0	2	0,015		
C	12	100,0	13	1,1		
N	14	100,0	15	0,37		
O	16	100,0	17	0,04	18	0,20
P	31	100,0				
S	32	100,0	33	0,80	34	4,4
Cl	35	100,0			37	32,5
Br	79	100,0			81	98,0

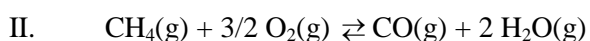
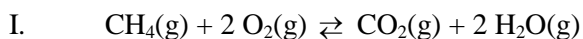


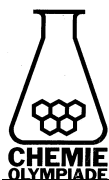
- 12 Bepaal de structuurformule van **X**. Neem daarbij aan dat **X** ontstaat ten gevolge van de ontleding van een synthetisch rubber die gebruikt wordt als isolator in een elektrolysecel waarin chloor wordt geproduceerd.
- 13 Geef de naam van de verbinding **X**.

■ Opgave 5 (6+4+5+4+2 = 21 punten)

Deze opgave laat zien hoe belangrijk het is in verband met het risico van een koolstofmonoxidevergiftiging om te voorkomen dat een verwarmingssysteem goed afgesteld is. De aanvaardbare concentratie van CO in de lucht is ≤ 5 volume-ppm en de maximaal toegestane waarde is 50 ppm.

In een methaanbrander verlopen gelijktijdig de volgende reacties:





	CH ₄	O ₂	CO ₂	CO	H ₂ O
$\Delta_f H^\circ$ (kJ mol ⁻¹)	-74,9	0	-393,5	-110,5	-241,8
S° (J K ⁻¹ mol ⁻¹)	186,2	205,0	213,6	197,6	188,7

n.b. $\Delta_f H^\circ$ = de vormingsenthalpie onder standaardomstandigheden.

- 14 Bereken de evenwichtsconstanten van beide reacties bij $T = 1500$ K. Neem aan dat de waarden van $\Delta_f H^\circ$ en S° onafhankelijk zijn van de temperatuur.
- 15 ♦ Geef de betrekking tussen de hoeveelheden zuurstof en koolstofmonoxide in mol bij evenwicht ($T = 1500$ K; $p = 1,013 \cdot 10^5$ Pa) indien men zoveel lucht in de brander toelaat dat de molverhouding CH₄ : O₂ gelijk is aan 1 : 2. De samenstelling van lucht is 80 vol% N₂ en 20 vol% O₂. Gebruik als benadering dat $n_{\text{CH}_4} = 0$ bij evenwicht.
- ♦ Toon aan dat deze benadering juist is met behulp van de antwoorden op vraag 14.
- 16 Bereken de molfractie x van CO onder de omstandigheden gegeven in vraag 15. Neem aan dat de molfractie CO heel klein is in vergelijking met die van CO₂ en dat dus het totale aantal mol niet noemenswaard verandert bij verbranding. Toon aan dat deze aanname correct is.
- 17 Voer de berekeningen van vragen 15 en 16 nogmaals uit. Neem daarbij aan dat er tweemaal zoveel lucht (4 mol O₂ per 1 mol CH₄) in de brander wordt toegelaten als bij vraag 15 het geval was.
- 18 Bereken de concentraties CO in volume-ppm in de afgassen na condensatie van waterdamp. Doe dit voor de omstandigheden bij vragen 15 en 17. Neem aan dat de samenstelling ervan niet noemenswaard verandert gedurende het afkoelen van 1500 K tot kamertemperatuur. Verwaarloos ook de bijdrage van waterdamp aan de samenstelling van de gasfase.

■ Opgave 6 (3+3+2+4 = 12 punten)

Gebruik bij deze opgave de volgende gegevens.

halfreactie	V° (V)
$\text{Cu}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu(s)}$	0,52
$\text{Cu}^{2+} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}^+$	0,15
$\text{Cu}^{2+} + \text{I}^- \rightleftharpoons \text{CuI(s)}$	0,86
$\text{I}_2(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{I}^-$	0,54

- 19 Laat door berekening zien dat de waarde van de evenwichtsconstante voor de reactie:
- $$2 \text{Cu}^+(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Cu(s)} + \text{Cu}^{2+}(\text{aq})$$
- gelijk is aan $1,8 \cdot 10^6$.
- 20 Geef de vergelijkingen van de reacties die optreden als men het goed oplosbare koper(I)sulfaat (s; grijs) in water brengt. Wat neem je dan waar?
- 21 Leg uit of er een analoge reactie optreedt als men een jodide-oplossing toevoegt aan koper(I)sulfaat(s).
- 22 Bereken het oplosbaarheidsproduct van koper(I)jodide.

■ Opgave 7 (4+4+7+5 = 20 punten)



Uitgaande van 2-pentyn kan men met behulp van verschillende reagentia allerlei reactieproducten verkrijgen.

Geef in elk van onderstaande gevallen het bijbehorende reactieschema van de vorm

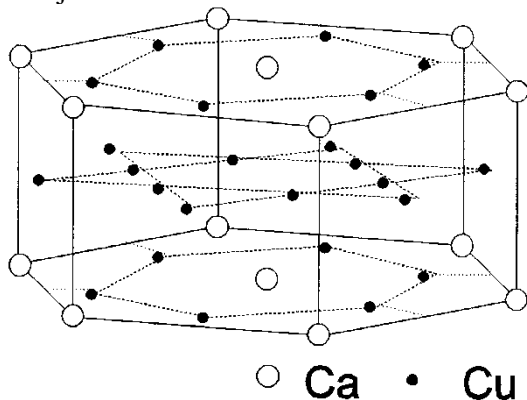
reactant $\xrightarrow{\text{reagentia}}$ product(en). Als de stereochemie een belangrijke rol speelt teken je de structuurformules in een geschikte ruimtelijke weergave. Geef als er méér dan een product ontstaat, ook het hoofdproduct aan.

- 23 $\text{H}_2/\text{Pd}/\text{CaCO}_3$, chinoline
- 24 Na, $\text{NH}_3(\text{l})$
- 25 HBr (molverhouding 1 : 1)
- 26 $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2\text{SO}_4/\text{HgSO}_4$

■ Opgave 8 (6+2+4 = 12 punten)

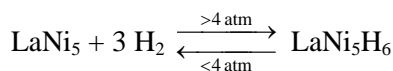
Voor een economisch gebruik van waterstof is het noodzakelijk om grote hoeveelheden ervan in een zo klein mogelijk ruimte op te slaan. Dit mag echter niet ten koste gaan van de veiligheid. Veel legeringen zoals LaNi_5 , LaCo_5 , en CeCo_5 vormen een goede mogelijkheid voor opslag van H_2 . Ze hebben dezelfde structuur als CaCu_5 (zie fig.).

LaNi_5 vormt hexagonale kristallen. Elke hexagonale eenheidscel ($a = 511 \text{ pm}$, $c = 397 \text{ pm}$) bevat één La en vijf Ni-atomen.



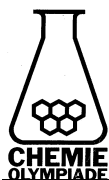
- 27 Bereken de dichtheid van deze LaNi_5 legering.

H_2 kan in grote hoeveelheden geabsorbeerd worden door deze legering: losse waterstofatomen gaan dan op de interstitiële plaatsen in het LaNi_5 rooster zitten.



Bij een druk groter dan 4 atm wordt H_2 geabsorbeerd in de legering en bij lagere druk komen de geabsorbeerde waterstofatomen weer vrij. Er zijn drie octaëder en zes tetraëderholten in een eenheidscel. Normaal zijn de zes tetraëderholten bezet met H-atomen en de samenstelling is dan LaNi_5H_6 .

- 28 Bereken de dichtheid van H in de legering. Neem aan dat het celvolume niet verandert tijdens de absorptie van H.
- 29 ♦ Bereken de dichtheid van waterstof onder standaardomstandigheden ($T = 298 \text{ K}$; $p = 1 \text{ bar}$).
♦ Bereken de verhouding tussen de dichtheden van waterstof in LaNi_5H_6 en waterstof onder standaardomstandigheden.



Opgave 9 (1+2+2+4 = 9 punten)

^{131}I is een radioactief isotoop van jood (een e^- emitter; ook wel β^- straler genoemd). Het wordt in de medische wetenschap als diagnosticum gebruikt. Afwijkingen in de werking van de schildklier kunnen zo met een Geigerteller opgespoord worden. De vervalconstante k van ^{131}I is $9,93 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1}$.

- 30 Geef de 'reactie' vergelijking van het radioactief verval van ^{131}I .
- 31 Bereken de halveringstijd van ^{131}I in dagen.
- 32 Bereken de tijd in dagen die nodig is om de hoeveelheid radioactiviteit van een monster ^{131}I terug te brengen tot 30% van de oorspronkelijke waarde.
- 33 Bereken de minimale hoeveelheid ^{131}I in g die nog met een bepaalde Geigerteller gedetecteerd kan worden. Deze Geigerteller kan een activiteit van $10^{-4} \mu\text{Ci}$ nog detecteren. 1 Ci (Curie) is de hoeveelheid radioisotoop die $3,7 \cdot 10^{10}$ desintegraties s^{-1} oplevert.

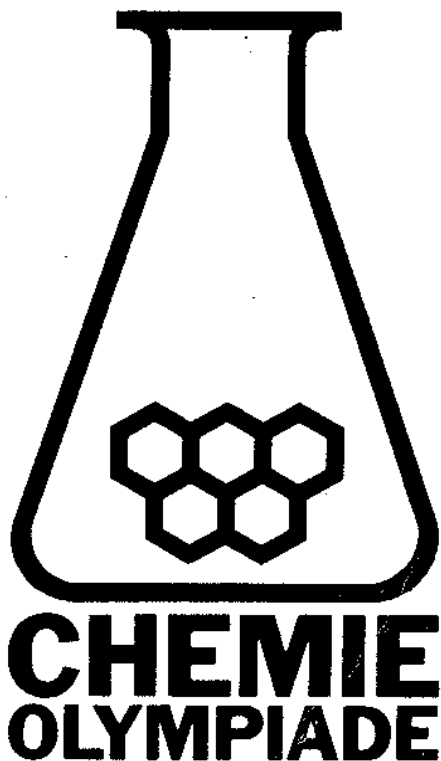
EINDE THEORIETOETS

NATIONALE CHEMIE OLYMPIADE

THEORIETOETS dinsdag 9 juni 1998

8.30 – 12.30 uur

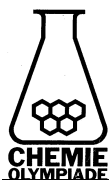
antwoordmodel



RUG

Rijksuniversiteit Groningen

- Antwoordmodel bij de vragen van de theoretietoets
- De maximum score bedraagt 120 punten, die genormeerd worden naar 60
- De toets duurt maximaal 4 klokuren
- Benodigde hulpmiddelen: rekenapparaat; grafiekpapier, periodiek systeem, geodriehoek; geen BINAS

**Opgave 1 (18 punten)**

□1 maximum 5 punten

- $\text{HL} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{L}^- \quad K_{\text{HL}} = 1,4 \cdot 10^{-4}$ 1
- $C_0 - x \qquad \qquad x \qquad x$ 1
- $K_z = \frac{x^2}{C_0 - x} = 1,4 \cdot 10^{-4} \quad C_0 = 3,00 \cdot 10^{-3}$ 1
- Aanname $C_0 \gg x$ geeft $x = 6,5 \cdot 10^{-4}$, niet geldig
abc-formule: $x = 5,8 \cdot 10^{-4}$, $[\text{H}_3\text{O}^+] = 5,8 \cdot 10^{-4}$, $\text{pH} = 3,24$ 2

□2 maximum 3 punten

- 1: $\text{HL} + \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{L}^- \quad K_1$
- 2: $\text{HL} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{L}^- \quad K_2 = K_{\text{HL}}$ 1
- 3: $\text{HCO}_3^- + \text{H}_3\text{O}^+ \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \quad K_3 = \frac{1}{K_{z1}}$ 1
- reactie 1 = 2 + 3, $K_1 = K_2 \cdot K_3 = 311$ ($3,1 \cdot 10^2$) 1

□3 maximum 5 punten

- ♦ HCO_3^- is amfoteer, $\text{pH} = \frac{1}{2} (\text{p}K_{z1} + \text{p}K_{z2}) = 8,34$ 2
 - ♦ 2
- | | | | | | |
|------|----------------------|---------------------|---------------|---------------------------|------------------------------------|
| | $\text{HL} +$ | HCO_3^- | \rightarrow | $\text{H}_2\text{CO}_3 +$ | L^- , reactie is aflopend |
| voor | $3,00 \cdot 10^{-3}$ | $2,4 \cdot 10^{-2}$ | | 0 | 0 |
| na | 0 | $2,1 \cdot 10^{-2}$ | | $3,0 \cdot 10^{-3}$ | $3,0 \cdot 10^{-3}$ |

- Buffer: 1
 $\text{p}K_{z1} + \log \frac{0,021}{0,0030} = 6,35 + 0,85 = 7,20$

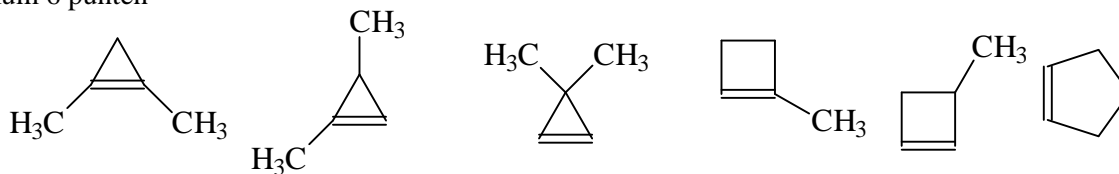
□4 maximum 5 punten

- A: $\text{pH} = 7,40$; $[\text{H}_3\text{O}^+] = 4,0 \cdot 10^{-8}$, $[\text{HCO}_3^-]_{\text{A}} = 0,022$ M. Uit K_{z1} : 1
- $[\text{H}_2\text{CO}_3]_{\text{A}} = 0,0019$ M; (1) $[\text{HCO}_3^-]_{\text{B}} + [\text{H}_2\text{CO}_3]_{\text{B}} = 0,0239$ M (0,024) 1
- B: $\text{pH} = 7,00$; $\frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = 4,5$; (2) $[\text{HCO}_3^-]_{\text{B}} = 4,5[\text{H}_2\text{CO}_3]_{\text{B}}$ 1

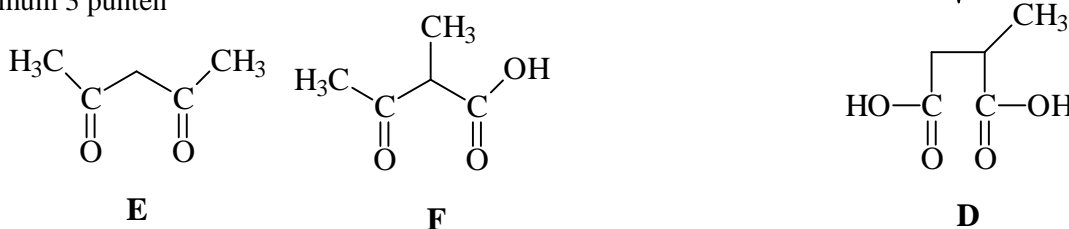
- Uit (1) en (2) 1
 $[\text{HCO}_3^-]_{\text{B}} = 0,0196$ M
 $[\text{H}_2\text{CO}_3]_{\text{B}} = 0,0043$ M
- $n_{\text{HL}} = \Delta_r(\text{H}_2\text{CO}_3) = \Delta[\text{H}_2\text{CO}_3] \cdot 1,00 \text{ L} = 2,4 \cdot 10^{-3}$ mol 1
indien is aangenomen: (1) = 0,022 M 3 pt
indien A ontbreekt 1 pt

Opgave 2 (9 punten)

□5 maximum 6 punten



□6 maximum 3 punten



Opgave 3 (12 punten)

□7 maximum 4 punten

Platlands periodiek systeem

1 1s ¹							2 1s ²		
3 []2s ¹	4 []2s ²					5 []2s ² 2p ¹	6 []2s ² 2p ²	7 []2s ² 2p ³	8 []2s ² 2p ⁴
9 []3s ¹	10 []3s ²					11 []3s ² 3p ¹	12 []3s ² 3p ²	13 []3s ² 3p ³	14 []3s ² 3p ⁴
15 []4s ¹	16 []4s ²	17 []4s ² 3d ¹	18 []4s ² 3d ²	19 []4s ² 3d ³	20 []4s ² 3d ⁴	21 []4s ² 3d ⁴ 4p ¹	22 []4s ² 3d ⁴ 4p ²	23 []4s ² 3d ⁴ 4p ³	24 []3s ² 3d ⁴ 4p ⁴

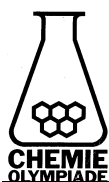
□8 maximum 1 punt

3D	2D
octet	sextet
18-elektron	10-elektron

□9 maximum 3 punten

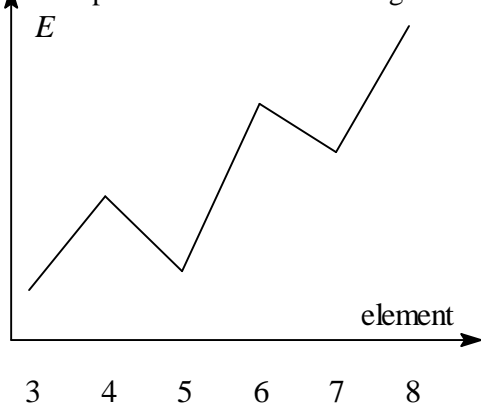
H					He
Li	Be	B/C	N/O	F	Ne
Na	Mg	Al/Si	P/S	Cl	Ar

g				gg
s	s	s	g	gg
s	s	s	g	gg



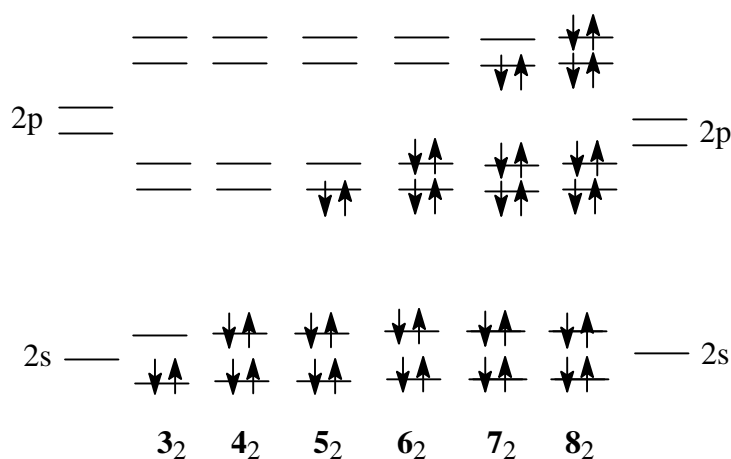
- 10 maximum 1 punt

het verloop van de 1^e ionisatie-energieën



- 11 maximum 3 punten

energieniveaus met opvulling 2



Stab. A.O. + - + M.O. + + - A.O. 1
(+ betekent stabiel; - instabiel)

■ Opgave 4 (7 punten)

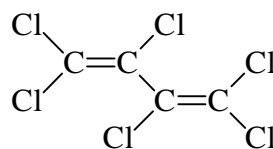
- 12 maximum 6 punten



Juiste aantal Cl-atomen

Juiste molecuulformule

Juiste structuurformule



3

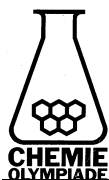
2

1

- 13 maximum 1 punt

X = 1,1,2,3,4,4-hexachloorbuta-1,3-dien

1

**Opgave 5 21 punten)**

□14 maximum 6 punten

- $\Delta_I H^\circ = 74,9 - 393,5 - 2 \cdot 241,8 = -802,2 \text{ kJ mol}^{-1}$ $\frac{1}{1}$
- $\Delta_I S^\circ = -186,2 - 2 \cdot 205,0 + 213,6 + 2 \cdot 188,7 = -5,2 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ $\frac{1}{1}$
- (ofwel $\Delta_I G^\circ = -802 \cdot 10^3 - 1500 \times -5,2 = -794,2 \cdot 10^3 \Rightarrow K_I = \exp \frac{-\Delta G^\circ}{RT} = e^{-63,7} = 4,69 \cdot 10^{27}$ of)
 $K_I = \exp[-(\Delta_I H^\circ - T\Delta_I S^\circ)/RT] = \exp[(802,2 - 1,5 \cdot 5,2)/8,314 \cdot 1,5] = 4,62 \cdot 10^{27}$ $\frac{1}{1}$
- $\Delta_{II} H^\circ = 74,9 - 110,5 - 2 \cdot 241,8 = -519,2 \text{ kJ mol}^{-1}$ $\frac{1}{1}$
- $\Delta_{II} S^\circ = -186,2 - 1,5 \cdot 205,0 + 197,6 + 2 \cdot 188,7 = 81,3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ $\frac{1}{1}$
- $K_{II} = \exp[(519,2 + 1,5 \cdot 81,3)/8,314 \cdot 1,5] = 2,13 \cdot 10^{22}$ $\frac{1}{1}$

□15 maximum 4 punten

- Omdat K_I en K_{II} allebei groot zijn, zijn beide evenwichten aflopend, zodat $n_{\text{CH}_4} = 0$ $\frac{1}{3}$
- Bij evenwicht: $n_{\text{CH}_4} = 0; n_{\text{H}_2\text{O}} = 2; n_{\text{N}_2} = 8; n_{\text{CO}_2} + n_{\text{CO}} = 1;$ $\frac{3}{3}$
$$n_{\text{O}_2} = 2 - (2n_{\text{CO}_2} + 1,5n_{\text{CO}}) = 0,5n_{\text{CO}}$$

□16 maximum 5 punten

- Bij reactie I varieert het totaal aantal mol gas niet; bij reactie II verandert dat van 8,5 tot 9 (rekening houdend met de aanwezigheid van N_2), maar dit is een verwaarloosbare verandering op het totaal aantal mol omdat $K_I \ll K_{II}$ $\frac{1}{4}$
- Voor reactie: $\frac{1}{4}$

$$n_{\text{tot}} = n_{\text{CH}_4} + n_{\text{O}_2} + n_{\text{N}_2} = 1 + 2 + 8 = 11$$

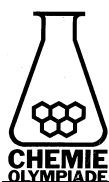
$$n_{\text{tot}} = n_{\text{CH}_4} + n_{\text{O}_2} + n_{\text{N}_2} = 1 + 4 + 16 = 21$$

$$n_{\text{O}_2} = 4 - (2n_{\text{CO}_2} + 1,5n_{\text{CO}}) = 2 + 0,5n_{\text{CO}} = 2; n_{\text{CO}_2} = 1 - n_{\text{CO}}$$

$$\frac{K_{II}}{K_I} = \frac{p_{\text{CO}} p_{\text{O}_2}^{1/2}}{p_{\text{CO}_2}} = \frac{x_{\text{CO}} (x_{\text{O}_2} p)^{1/2}}{x_{\text{CO}_2}}$$

- $x_{\text{CO}_2} = \frac{n_{\text{CO}_2}}{n_{\text{tot}}} = \frac{1 - n_{\text{CO}}}{11}$ omdat $n_{\text{CO}} \ll n_{\text{CO}_2}$ wegens $K_{II} \ll K_I$

$$(x_{\text{CO}})^{3/2} = \frac{K_{II}}{K_I} \cdot \left(\frac{2}{p}\right)^{1/2} = \frac{(2,13 \cdot 10^{22} \cdot 1,414)}{(4,62 \cdot 10^{27} \cdot 11)} = 5,93 \cdot 10^{-7}; x_{\text{CO}} = 7,06 \cdot 10^{-5}$$



□17 maximum 4 punten

□18 maximum 4 punten

Als gevolg van de condensatie van waterdamp, verandert het aantal mol in de gasfase van 11 tot 9 in geval □16 en van 21 tot 19 in geval □17

1

$$\frac{K_{II}}{K_I} = \frac{x_{CO} (x_{O_2} p)^{1/2}}{x_{CO_2}} = x_{CO} (2/21)^{1/2} \cdot 21 = (42)^{1/2} \cdot x_{CO}$$

$$x_{CO} = 42^{-1/2} \frac{K_{II}}{K_I} = 42^{-1/2} \cdot \frac{2,13 \cdot 10^{22}}{4,62 \cdot 10^{27}} = 7,11 \cdot 10^{-7}$$

Daarom verandert de molfractie CO tot:

$$x_{CO} = 7,06 \cdot 10^{-5} \cdot 11/9 = 8,63 \cdot 10^{-5} \text{ in geval } \square 16 \text{ en}$$

$$x_{CO} = 7,11 \cdot 10^{-7} \cdot 21/19 = 7,86 \cdot 10^{-7} \text{ in geval } \square 17 \text{ Deze waarden corresponderen respectievelijk met 86 en 0,8 ppm.}$$

1

■ Opgave 6 (12 punten)

□19 maximum 3 punten

$$\cdot \Delta V^\circ = 0,52 - 0,15 = 0,37$$

1

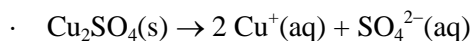
$$\cdot \Delta G^\circ = -nF\Delta V^\circ = -RT \ln K$$

1

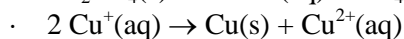
$$\cdot 1,9,65 \cdot 10^4 \cdot 0,37 = 8,31 \cdot 298 \cdot \ln K \Rightarrow K = 1,8 \cdot 10^6$$

1

□20 maximum 3 punten



1



1

· Grijsz vastestof wordt omgezet in roodachtige (bij fijne verdeling zwarte) stof en een blauwe oplossing.

1

□21 maximum 2 punten

· Cu^+ wordt nu gemakkelijk omgezet in CuI.

1

· $\Delta V^\circ = 0,52 - 0,86 = -0,34 \Rightarrow$ géén redoxreactie. Dus géén analoge reactie.

1



- 22 maximum 4 punten

In één oplossing moet gelden:

$$V_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+} = V_{\text{Cu}^{2+}(\text{I}^-)/\text{CuI}}$$

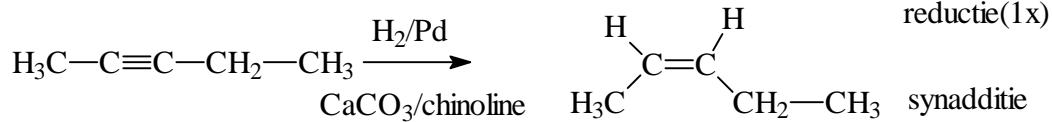
$$0,15 + 0,059 \log \frac{[\text{Cu}^{2+}]}{[\text{Cu}^+]} = 0,86 + 0,059 \log [\text{Cu}^{2+}][\text{I}^-]$$

Herschrijven levert: $0,059 \log [\text{Cu}^{2+}][\text{I}^-] = -0,71$

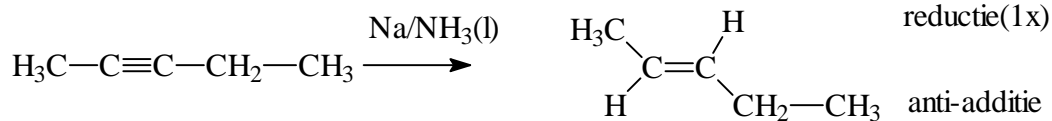
$$\log K_s = 9,2 \cdot 10^{-13}$$

■ Opgave 7 (20 punten)

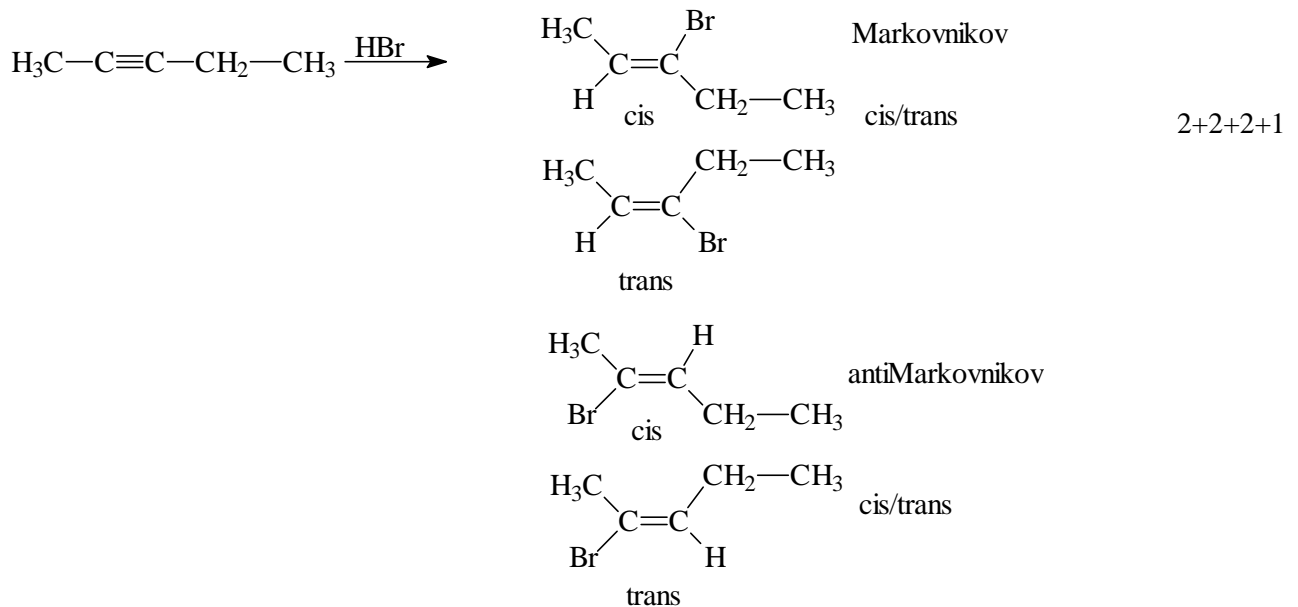
- 23 maximum 4 punten

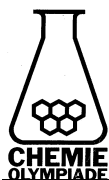


- 24 maximum 4 punten

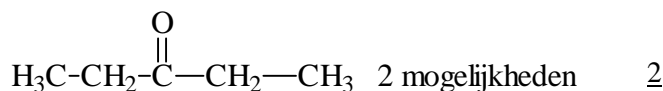
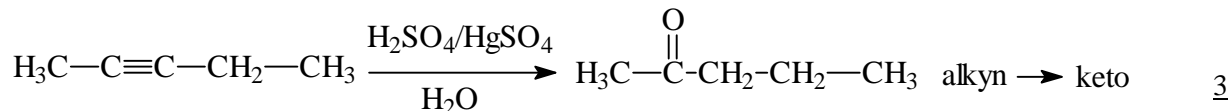


- 25 maximum 7 punten





- 26 maximum 5 punten



■ Opgave 8 (12 punten)

- 27 maximum 6 punten

- Volume van de eenheidscel = $a^2c \cdot \sin 120^\circ =$ 2
- $(5,11 \cdot 10^{-10} \text{ cm})^2 \cdot (3,97 \cdot 10^{-10} \text{ cm}) \cdot 0,866 = 8,98 \cdot 10^{-23} \text{ cm}^3$ 1
- **Massa van de eenheidscel** = $(138,9 + 5 \cdot 58,71) \text{ u} \cdot 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ g/u} = 7,18 \cdot 10^{-22} \text{ g}$ 2
- **Dichtheid van LaNi₅** =

$$\frac{7,18 \cdot 10^{-22} \text{ g}}{8,98 \cdot 10^{-23} \text{ cm}^3} = 7,99 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \quad \underline{1}$$

- 28 maximum 2 punten

Dichtheid van H:

$$\frac{1,008 \cdot 6 \text{ u} \cdot 1,66 \cdot 10^{-24} \frac{\text{g}}{\text{u}}}{8,98 \cdot 10^{-23} \text{ cm}^3} = 0,112 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

- 29 maximum 4 punten

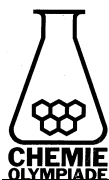
dichtheid van H₂ onder standaardomstandigheden:

$$pV = nRT \Rightarrow \frac{n}{V} = \frac{p}{RT} =$$

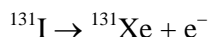
$$\frac{1,00 \cdot 10^5}{8,31 \cdot 298} = 40,4 \frac{\text{mol}}{\text{m}^3}$$

$$40,4 \frac{\text{mol}}{\text{m}^3} \cdot 2,016 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 81,4 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} = 8,14 \cdot 10^{-5} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\text{de dichtheid in LaNi}_5 = \frac{0,112}{8,14 \cdot 10^{-5}} = 1,38 \cdot 10^3 \text{ maal zo groot als die in de gasfase}$$

**Opgave 9 (9 punten)**

- 30 maximum 1 punt



- 31 maximum 2 punten

Vervalreacties zijn 1^e orde-reacties:

$$k = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \text{ en } t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$$

$$t_{1/2} = \frac{0,693}{9,93 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1} \cdot 86400 \text{ s d}^{-1}} = 8,08 \text{ d}$$

- 32 maximum 2 punten

$$\ln \frac{C_0}{C} = kt$$

Voor een 1^e orde-reactie geldt:

$$\ln \frac{100}{30} = 9,93 \cdot 10^{-7} \cdot t$$

$$t = \frac{1,212 \cdot 10^6}{8,64 \cdot 10^4} = 14,03 \text{ d}$$

Waarin C_0 en C de concentraties zijn op tijdstippen t_0 en t .

- 33 maximum 4 punten

1 curie (c) is de hoeveelheid radio-isotopen die $3,7 \cdot 10^{10}$ desintegraties per s levert.

1 $\mu\text{c} = 3,7 \cdot 10^4$ desintegraties per s

$$\cdot 10^{-4} \mu\text{c} \cdot 3,7 \cdot 10^4 \text{ des. s}^{-1} = 3,7 \text{ des. s}^{-1} = dN/dt$$

1

$$\cdot t_{1/2} \text{ van } ^{131}\text{I} \text{ uitgedrukt in s} = 8,08 \text{ d} \cdot 86400 \text{ s d}^{-1} = 6,98 \cdot 10^5 \text{ s}$$

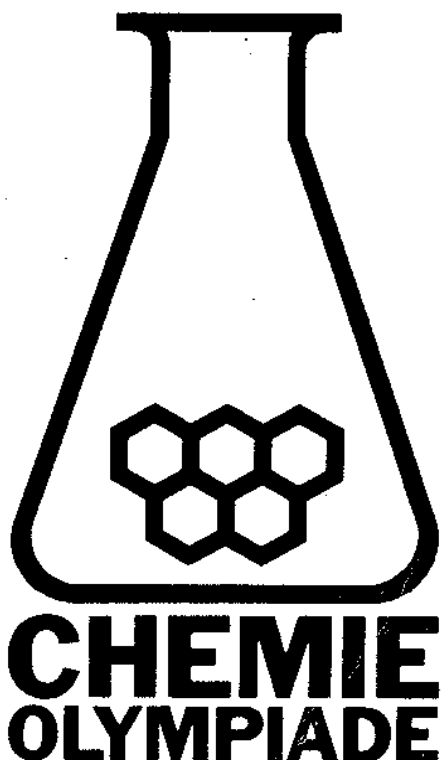
1

$$\cdot m = - \frac{dN}{dt} \cdot \frac{t_{1/2} \cdot A}{\ln 2 \cdot N_A} = \frac{3,7 \cdot 6,98 \cdot 10^5 \cdot 131}{0,693 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}} = 8,11 \cdot 10^{-16} \text{ g}$$

2

NATIONALE CHEMIE OLYMPIADE

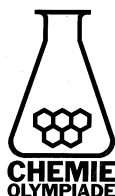
PRACTICUMTOETS
woensdag 10 juni 1998
13.30 – 17.30 uur



RUG

Rijksuniversiteit Groningen

- Deze practicumtoets bestaat uit twee onderdelen: een synthese en een analyse
- De maximum score voor dit werk bedraagt 40 punten
- Deze practicumtoets duurt maximaal 4 klokuren
- Beide onderdelen duren 115 minuten, inclusief het invullen van het bijbehorende antwoordblad en het schoonmaken van het glaswerk en de werkomgeving
- Bij het wisselen van onderdeel is er een thee/koffiepauze van 10 minuten
- Benodigde hulpmiddel: rekenapparaat; BINAS is niet toegestaan
- Veiligheidsbril en labjas verplicht



Nationale Chemie Olympiade 1998

Practicumtoets Synthese



SYNTHESE VAN HEXAMMINEKOBALT(III)CHLORIDE, $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$

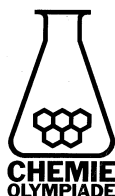
1. Uitvoering

Voeg aan 48 g $\text{COCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ en 32 g NH_4Cl 40 mL water toe in een 500 mL driehalskolf. Schud het mengsel tot bijna alles opgelost is en voeg 1 g ontkleuringskool en 100 ml geconcentreerde ammonia toe. Leid een krachtige luchtstroom door de rode oplossing, tot deze geelbruin geworden is. De luchtstroom mag niet te krachtig zijn, daar anders het ammoniakgehalte verminderd wordt (tegen te gaan door af en toe wat geconcentreerde ammonia toe te voegen). Filtreer het neergeslagen $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ met de ontkleuringskool af door een glasfilter. Los het neerslag daarna onder verwarmen op in 1-2% zoutzuur en filtreer de oplossing warm af door een büchnertrechter. Voeg onder roeren aan het filtraat 80 ml geconcentreerd zoutzuur toe en koel het geheel af tot 0 °C. Zuig het uitgekristalliseerde $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ af op een glasfilter, was het eerst met 60% en daarna met 96% ijskoude ethanol. Droog de kristallen bij 80-100 °C.

De stof wordt ingeleverd in een passend potje, voorzien van etiket met naam en opbrengst van het preparaat alsmede met je eigen naam en datum.

2. Opgaven:

Bereken de opbrengst $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$
Vul het antwoordformulier in



Zn(II) BEPALING

Algemeen

Een groot aantal metaalionen waaronder Zn(II) kan worden bepaald d.m.v. visuele complexometrische titraties met EDTA (=ethyleendiaminetetraacetaat). EDTA is een meertandig ligand (6 coördinatieplaatsen) en vormt een 1 : 1 complex met Zn(II). Als indicator wordt eriochroomzwart T gebruikt dat evenals EDTA complexeert met Zn(II). Deze indicator heeft in de vrije vorm een andere kleur dan in het metaal-indicatorcomplex. Verder vormt het vanzelfsprekend een minder stabiel complex met Zn(II) dan EDTA.

In dit experiment wordt aan de hand van een EDTA-titratie het massapercentage zink bepaald in een monster zinksulfaat dat een onbekende hoeveelheid kristalwater bevat.

1. Voorbereiding

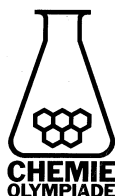
- Vul een buret met de 0,01M EDTA-standaardoplossing.
- Maak in de zuurkast een buffer door 2,7 g NH_4Cl (ammoniumchloride) en 17,5 mL geconcentreerde ammonia aan te vullen tot 50 mL met demiwater
- Weeg exact $\pm 0,3$ g zinksulfaat af, breng het in een 100 mL maatkolf, los op in demiwater en vul aan.

2. Titratie (duplo bepaling)

- Pipetteer 10,00 mL zinksulfaatoplossing in een 200-300 mL erlenmeyer en verdun tot 100 mL met demiwater.
- Voeg zoveel eriochroomzwart T toe (ZEER WEINIG!) dat de oplossing goed lila kleurt, maar wel transparant blijft.
- Voeg 1 mL buffer toe en meng.
- Titreer de oplossing met de EDTA-oplossing (omslag lila-rood naar blauw)

3. Opgaven

- Bereken het massapercentage Zn(II) in het verstrekte zinksulfaat.
- Vul het antwoordformulier in.



Antwoordformulier

Naam:

Synthese van hexaamminekobalt(III)chloride

Uitgegaan van: g $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Verkregen: g $\text{Co}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_3$ -

Opbrengst percentage (volledige berekening laten zien):

Zn(II) bepaling

Afgewogen hoeveelheid zinksulfaat gram (stof + weegpapier)
 gram (weegpapier) –
 gram

Titratie: volume EDTA-oplossing (1) mL

 (2) mL

Berekening massapercentage Zn(II) (Volledige berekening vermelden!)

(1)

(2)