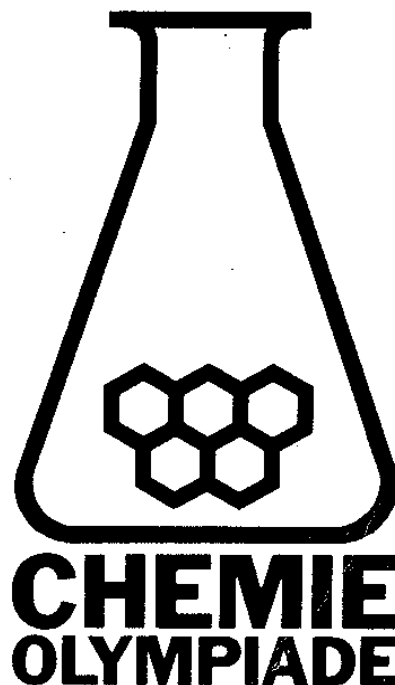


# NATIONALE CHEMIE OLYMPIADE

## Voorronde 2, 2002

### Opgaven

woensdag 17 april



- Deze voorronde bestaat uit 22 vragen verdeeld over 5 opgaven
- De maximum score voor dit werk bedraagt 100 punten
- De voorronde duurt maximaal 3 klokuren
- Benodigde hulpmiddelen: rekenapparaat
- Bij elke opgave is het aantal punten vermeld dat juiste antwoorden op de vragen oplevert
- Bij deze voorronde mag Binas niet gebruikt worden
- Benodigde gegevens en periodiek systeem gaat hierbij

### Gegevens

algemene gasconstante $R$	$8,3145 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
constante van Faraday $F$	$9,64853 \cdot 10^4 \text{ C mol}^{-1}$
elementair lading $e$	$1,6021765 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
constante van Avogadro $N_A$	$6,02214 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
enkele standaardelektrodepotentialen $V^\circ$	$\text{Zn(OH)}_4^{2-}/\text{Zn, OH}^-: -1,22$ $\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}: -0,76$
baseconstante	$K_b(\text{NH}_3) = 1,8 \cdot 10^{-5}$
eerste orde snelheidsvergelijking; vergelijking voor radioactief verval	$\ln \frac{[A]_0}{[A]_t} = kt$ ; $\ln \frac{N_0}{N_t} = kt$
formules voor de gibbsenergie $G$	$\Delta G^\circ(T) = -RT \ln K = -nF\Delta V^\circ = \text{lading} \times \text{potentiaal (bij elektrische energie)}$

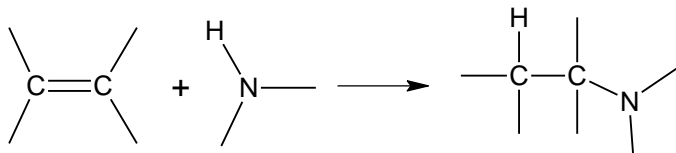


## Opgave 1 Een boompje opzetten

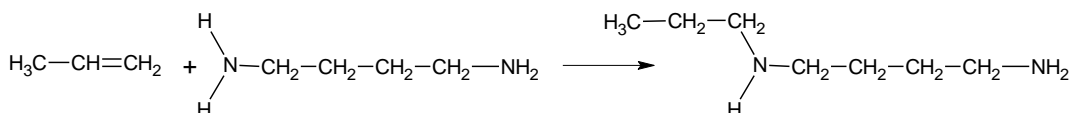
(20 punten)

Verbindingen waarvan de moleculen een  $\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C}=\text{C} \\ \diagdown \end{array}$  groep bevatten, kunnen onder invloed van een geschikte katalysator reageren met verbindingen waarvan de moleculen een  $\text{H}-\text{N}\begin{array}{l} \diagup \\ \diagdown \end{array}$  groep bevatten.

Daarbij treedt de volgende additie op:



Zo reageert propene ( $\text{C}_3\text{H}_6$ ) met 1,4-butaandiamine ( $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ ) onder vorming van additieproducten met de formule  $\text{C}_7\text{H}_{18}\text{N}_2$ . Eén van de reacties die optreedt, is de volgende:

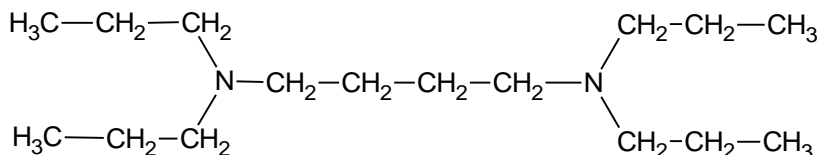


Op grond van bovenstaande gegevens mag verwacht worden dat bij het reageren van propene met 1,4-butaandiamine nog een ander additieproduct met de formule  $\text{C}_7\text{H}_{18}\text{N}_2$  gevormd wordt.

- 1 Geef de structuurformule van dat andere additieproduct.

3

Bij het toevoegen van propene aan 1,4-butaandiamine kan in het reactiemengsel ook een verbinding gevormd worden met de volgende structuurformule:

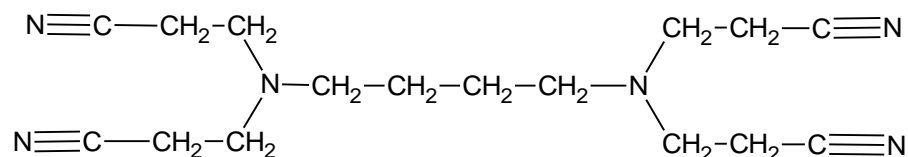


Men kan het ontstaan van deze verbinding verklaren met behulp van voorgaande gegevens.

- 2 Leg aan de hand van voorgaande gegevens uit hoe het ontstaan van deze verbinding in het reactiemengsel verklaard moet worden. Betrek in de uitleg de structuurformule van 1,4-butaandiamine.

3

Acrylonitril ( $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{C}\equiv\text{N}$ ) reageert met 1,4-butaandiamine op dezelfde manier als propene dat doet. Bij gebruik van een overmaat acrylonitril ontstaat onder bepaalde omstandigheden vrijwel uitsluitend een verbinding met de volgende structuurformule:



Deze verbinding kan met waterstof reageren. Daarbij treedt additie op. Als deze additie volledig verlopen is, ontstaat een verbinding met de volgende structuurformule:



- 6 Bereken hieruit de  $K_v$  van de verdeling van azijnzuur over water en tetra. 4  
Op soortgelijke wijze kan men ook de  $K_v$  van de verdeling van butaanzuur over water en tetra bepalen.
- 7 Beredeneer of die  $K_v$  bij butaanzuur groter of kleiner zal zijn dan bij azijnzuur. 4  
Dit principe kan men ook gebruiken om geleidelijk steeds meer azijnzuur uit een oplossing van azijnzuur in tetra te extraheren. Dit doet men als volgt. Bij een oplossing van azijnzuur in tetra wordt 1,0 liter water gevoegd. Het geheel wordt geschud, zodat de azijnzuur zich gaat verdelen over water en tetralaag. Na evenwichtinstelling verwijdert men voorzichtig de waterlaag. Bij de overblijvende tetralaag wordt opnieuw een verse portie water gevoegd, het geheel weer geschud enzovoort, enzovoort.
- 8 Bereken hoeveel porties van 1,0 liter water men achtereenvolgens in contact moet brengen met 1,0 liter tetra, waar 6,0 gram azijnzuur in zit opgelost, om het azijnzuurgehalte in de tetralaag terug te brengen tot minder dan 0,10 mg per liter. 6  
In werkelijkheid is het evenwichtsproces bij het verdelen van azijnzuur over water en tetra ingewikkelder.  
In de tetralaag komt azijnzuur namelijk voor in de vorm van ‘dimeer’deeltjes met formule  $(\text{CH}_3\text{COOH})_2$  en in de waterlaag als enkelvoudige deeltjes  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .
- 9 Geef de vergelijking van dit evenwichtsproces. 2
- 10 Voor dit evenwichtsproces kun je ook een -andere- evenwichtsconstante  $K'_v$  definiëren: geef de formule voor die  $K'_v$ . 2
- 11 Bereken de waarde van  $K'_v$ , die uit de titratie van het monster uit de waterlaag volgt (zie de meetgegevens boven vraag  6 4

### ■ Opgave 3 Deze buffer staat! (26 punten)

- Je hebt een bufferoplossing nodig met een pH van 8,50 ( $T = 298 \text{ K}$ ). Aanwezig is 5,00 g salmiak (ammoniumchloride), demiwater, 0,10 M zoutzuur en 0,10 M natronloog en wat glaswerk (buret, maatkolf, pipet, bekersglas, trechter e.d.).  $K_b(\text{NH}_3) = 1,8 \cdot 10^{-5}$
- 12 Leg uit dat je met deze middelen zo'n bufferoplossing kunt maken. 5
- 13 Bereken hoeveel mL van een of meer vloeistoffen je moet toevoegen aan 5,00 g salmiak om 1,00 L bufferoplossing te maken met een pH van 8,50. 8
- 14 Bereken de pH-verandering als je aan 100 mL van deze bufferoplossing 10,0 mL 0,10 M zoutzuur toevoegt. 6
- 15 Bereken ook de pH-verandering als je aan 100 mL van deze bufferoplossing 10,0 mL 0,10 M natronloog toevoegt. 4
- 16 Leg uit waarom de pH-verandering bij de ene toevoeging kleiner is (grotere buffercapaciteit) dan bij de andere. 3

### ■ Opgave 4 De Engelse staaf (13 punten)

- Een Engelse batterij (gewone staafbatterij) werkt op basis van de volgende omzettingen.
- zink treedt op als reductor
  - mangaan(IV)oxide reageert tot mangaan(III)oxidehydroxide,  $\text{MnO}(\text{OH})$ . Het elektrolyt is ammoniumchloride (salmiak)
- 17 Geef de halfreacties van beide redoxkoppels en leid uit deze halfreacties de reactievergelijking af van de totale redoxreactie in deze batterij. 4
- Onder standaardomstandigheden levert zo'n batterij een bronspanning van 1,26 V
- 18 Hoe groot is de standaardpotentiaal van het mangaanredoxkoppel? 2
- Het vermogen van een batterij geeft men aan in ampèreuur, A h.

- 19 Hoeveel A h levert deze batterij per g bruinsteen,  $\text{MnO}_2$ ? 4
- De gibbsenergie  $G$  is een maat voor de werkzame energie (energie die arbeid levert). Bij de gegevens vind je dat de verandering van de gibbsenergie bij een reactie onder standaardomstandigheden  $\Delta_r G^\circ$  evenredig is met de evenwichtsconstante  $K$ . Voor een galvanische element geldt dat de werkzame energie  $\Delta_r G^\circ$  gelijk is aan de elektrische arbeid (lading  $\times$  potentiaal). Hierin is  $\Delta V^\circ$  de bronspanning onder standaardomstandigheden.
- 20 Bereken  $\Delta_r G^\circ$  en  $K$  voor deze reactie bij 298 K. 3

### ■ Opgave 5 Tikken tellen (19 punten)

Bij het bestralen van jodethaan met neutronen wordt de C–I-binding verbroken. Hierbij ontstaat onder meer  $^{128}\text{I}_2$ . Dit radioactieve jood wordt geëxtraheerd met  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ -oplossing in water.

- 21 Geef de reactievergelijking van de vorming van radioactief jood door bestraling van jodethaan met neutronen en de reactievergelijking van de reactie die optreedt tijdens de extractie van jood met thiosulfaatoplossing. 6

De radioactiviteit van het extract wordt op verschillende tijdstippen gemeten met een teller. De meetresultaten staan in de tabel.

tijd $t$ in minuten	17	29	50	60	76	105	123
aantal tikken $N_t$ per min in de teller	6985	5111	2753	2117	1256	584	351

Radioactief verval heeft een eerste-ordeverloop (zie gegevens). Hierin is  $k$  de vervalconstante (snelheidsconstante van het radioactief vervalproces).

- 22 Bepaal grafisch: 13
- de vervalconstante  $k$  van  $^{128}\text{I}$ .
  - $N_0$
  - de halveringstijd  $t_{1/2}$  van  $^{128}\text{I}$ .

Aanwijzing: zet  $\ln N_t$  uit tegen de tijd.



# NATIONALE CHEMIE OLYMPIADE

## Antwoordmodel

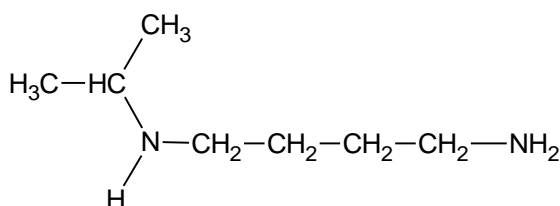
woensdag 17 april 2002

- Deze voorronde bestaat uit 22 vragen verdeeld over 5 opgaven
- De maximum score voor dit werk bedraagt 100 punten (geen bonuspunten)
- Bij elke opgave is het aantal punten vermeld dat juiste antwoorden op de vragen oplevert
- Bij de correctie van het werk moet bijgaand antwoordmodel worden gebruikt. Daarnaast gelden de algemene regels, zoals die bij de correctievoorschriften voor het CSE worden verstrekt.

### ■ Opgave 1 Een boompje opzetten

(20 punten)

- 1 maximaal 3 punten



(Toelichting: In propeen zijn de groepen aan beide kanten van de dubbele binding verschillend. Daardoor kunnen er twee producten ontstaan, afhankelijk van het koolstofatoom waaraan het N-atoom van de aminogroep zich bindt. Binding van het N-atoom aan C(1) leidt tot het product in de opgave, binding aan C(2) tot het bovenstaande product.)

- 2 maximaal 3 punten

- de vorming van de beschreven verbinding is te verklaren met een herhaling van de additiereactie zoals deze in de opgave is vermeld. 1
- elke N-H-binding van de aminogroep is in staat aan een propeenmolecuul te adderen. 1
- omdat er vier van dergelijke bindingen in 1,4-butaandiamine voorkomen, zijn er ook vier moleculen propeen in het reactieproduct te herkennen. 1

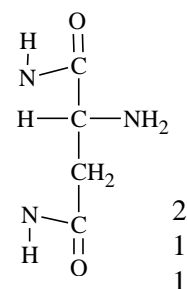
- 3 maximaal 6 punten

- per molecuul 1,4-butaandiamine worden vier acrylonitrilmoleculen gebonden 1
- die elk met twee H<sub>2</sub>-moleculen in een verzadigde binding met aminogroepen worden omgezet (zie opgave). 1
- voor deze stap van twee (eindstandige) aminogroepen naar vier (eindstandige) aminogroepen zijn dus 2 × 4 = 8 waterstofmoleculen nodig. 1
- voor de verdubbeling van vier naar acht en van acht naar zestien aminogroepen zijn 8 + 16 = 24 acrylonitrilmoleculen nodig. 2
- ook hier zijn weer tweemaal zoveel waterstofmoleculen nodig voor de vorming van aminogroepen, in totaal dus 8 + 2 × 24 = 56 H<sub>2</sub>-moleculen. 1

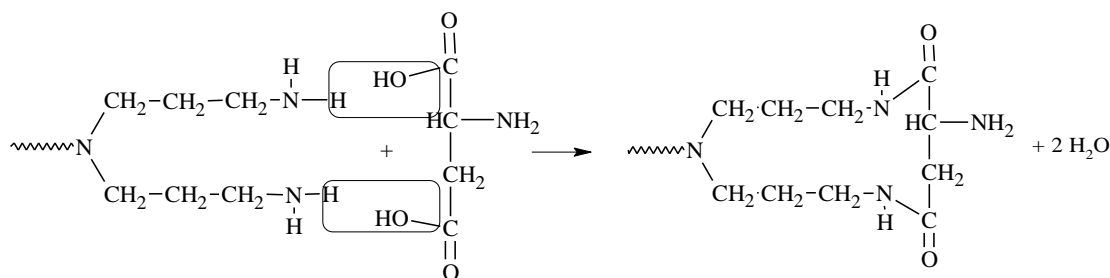
- 4 maximaal 4 punten

Er wordt hier water afgesplitst, dus is er sprake van een condensatiereactie tussen de aminogroepen van het polymeer en de zuurgroepen van asparaginezuur. Daarbij worden peptide- of amidebindingen gevormd, zodat de groep X kan worden voorgesteld zoals hiernaast is weergegeven.

- 2 peptidebindingen juist
- aminogroep juist
- rest structuur



Toelichting: De reactie verloopt zoals op hier is uitgeschreven in structuurformules (hierbij zijn de atomen die als water worden afgesplitst omkaderd).



□ 5 maximaal 4 punten

- indien butaandizuur wordt genomen om de holten af te sluiten, gaan er ook vrije aminogroepen verloren 1
- maar komen er geen nieuwe voor in de plaats. 1
- de oplosbaarheid in water zal door het verdwijnen van  $\text{NH}_2$ -groepen minder worden en dat maakt de kleurstof in waterverf moeilijker toepasbaar. 2

## ■ Opgave 2 Schudden maar!

(22 punten)

□ 6 maximaal 4 punten

- 0,090 mmol  $\text{OH}^-$ , dus 0,090 mmol HAc per mL ofwel 0,090 mol HAc per liter. 1
- oorspronkelijk 6,0 g, dat is 0,10 mol HAc. Dus in tetra nog aanwezig 0,010 mol. 2
- $K_v = \frac{0,090}{0,010} = 9,0$ . 1

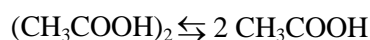
□ 7 maximaal 4 punten

- butaanzuur lost minder goed op in water (meer apolair) 2
- dus wordt de teller kleiner en dus ook de  $K_v$ . 2

□ 8 maximaal 6 punten

- steeds blijft 1/10 deel achter in de tetralaag. 1
- na n keer uitschudden is er dus nog  $\left(\frac{1}{10}\right)^n \cdot 6,0$  g over. 2
- dit moet kleiner zijn dan 0,1 mg. 1
- ofwel  $6 \cdot \left(\frac{1}{10}\right)^n < 10^{-4}$ . Dit is zo vanaf n = 5. 2

□ 9 maximaal 2 punten



□ 10 maximaal 2 punten

$$K'_v = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]^2}{[(\text{CH}_3\text{COOH})_2]}$$

□ 11 maximaal 4 punten

$$K'_v = \frac{(0,090)^2}{\frac{1}{2} \cdot 0,010} = \frac{81 \cdot 10^{-4}}{5,0 \cdot 10^{-3}} = 1,6$$

- factor  $\frac{1}{2}$  2
- invullen concentraties 1
- berekening 1



**Opgave 3 Deze buffer staat!****(26 punten)**

□ 12 maximaal 5 punten

Deze bufferoplossing moet gemaakt worden van 5,00 g  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 

- een bufferoplossing moet een (zwak) zuur-basekoppel bevatten, hier dus  $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ . 1
- een gedeelte van  $\text{NH}_4^+$  moet omgezet worden in  $\text{NH}_3$  met behulp van loog volgens  $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ . 2
- de pOH van een (goede) basische buffer ligt tussen  $\text{pK}_b + 1$  en  $\text{pK}_b - 1$ , voor de ammoniabuffer dus tussen 3,75 en 5,75 (een pH tussen 8,25 en 10,25) en ligt dus in het gewenste gebied. 2

□ 13 maximaal 8 punten

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} \text{ ofwel } K_b = [\text{OH}^-] \cdot \frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]} \quad (\text{pOH} = \text{pK}_b + \log \frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]}) \quad 1$$

$$\text{pH} = 8,50; \text{pK}_w = 14,00 \Rightarrow \text{pOH} = 5,50; [\text{OH}^-] = 3,16 \cdot 10^{-6} \quad 1$$

$$\frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]} = \frac{1,8 \cdot 10^{-5}}{3,16 \cdot 10^{-6}} = 5,70 \quad 2$$

$$\frac{5,00 \text{ g } \text{NH}_4\text{Cl}}{53,49 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 9,35 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \quad 1$$

Aan  $\text{NH}_4^+$  moet  $x$  mol base toegevoegd worden om  $\text{NH}_3$  in oplossing te vormen.

$$\frac{9,35 \cdot 10^{-2} - x}{x} = 5,70 \Rightarrow 6,70 x = 9,35 \cdot 10^{-2} \Rightarrow x = 14,0 \text{ mmol OH}^- \quad 2$$

$$\text{Dus: aan } 5,00 \text{ g } \text{NH}_4\text{Cl} \text{ wordt } \frac{14,0 \text{ mmol}}{0,100 \frac{\text{mol}}{\text{L}}} = 1,4 \cdot 10^2 \text{ mL loog toegevoegd en verder tot 1 liter}$$

oplossing aangevuld met demiwater ( $8,6 \cdot 10^2$  mL). 1

□ 14 maximaal 6 punten

$$100 \text{ mL bufferoplossing bevat } \frac{5,70}{6,70} \times 93,5 = 79,5 \text{ mmol } \text{NH}_4^+ \text{ en } 93,5 - 79,5 = 14 \text{ mmol } \text{NH}_3 \quad 2$$

$$10,0 \text{ mL } 0,100 \text{ M zoutzuur bevat } 1,00 \text{ mmol } \text{H}_3\text{O}^+ \quad 1$$



$$\text{De nieuwe pOH wordt } 4,75 + \log \frac{7,95 + 1,00}{1,40 - 1,00} = 4,75 + \log \frac{8,95}{0,40} = 6,10 \Rightarrow \Delta \text{pH} = -0,60 \quad 2$$

□ 15 maximaal 4 punten

$$10,0 \text{ mL } 0,100 \text{ M loog bevat } 1,00 \text{ mmol } \text{OH}^- \quad 1$$



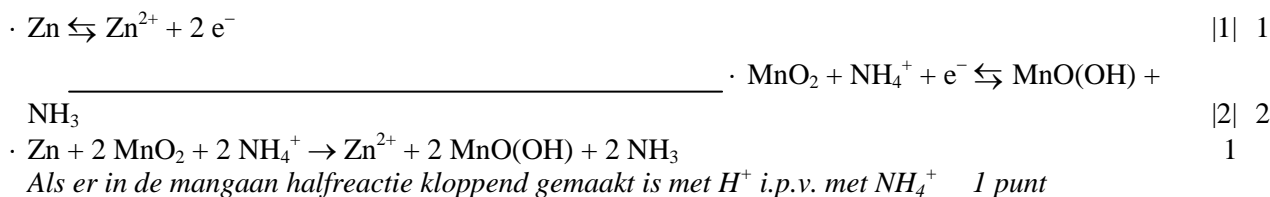
$$\text{de nieuwe pOH wordt } 4,75 + \log \frac{7,95 - 1,00}{1,40 + 1,00} = 4,75 + \log \frac{6,95}{2,40} = 5,21 \Rightarrow \Delta \text{pH} = 0,29 \quad 2$$

□ 16 maximaal 3 punten

Deze bufferoplossing heeft niet zijn maximale buffercapaciteit (een 1 : 1 buffer zou een pH van 9,25 hebben). Deze buffer heeft meer zure dan basische deeltjes, waardoor hij beter in staat is basische toevoegingen tegen te gaan, vandaar dat de pH-verandering bij toevoegen van loog kleiner is.

**Opgave 4 De Engelse staaf****(13 punten)**

□ 17 | maximaal 4 punten



□ 18 maximaal 2 punten

·  $\Delta V^\circ = 1,26 \text{ V}; V_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^\circ = -0,76 \text{ V}$  1

·  $V_{\text{MnO}_2/\text{MnO}(\text{OH})}^\circ = 0,50 \text{ V}$  1

□ 19 maximaal 4 punten

·  $\frac{1,00 \text{ g MnO}_2}{86,94 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \hat{=} 0,01150 \text{ mol e}^-$  1

·  $1 \text{ mol e}^- \hat{=} 1,6021765 \cdot 10^{-19} \cdot 6,02214 \cdot 10^{23} \text{ C} = 1 \text{ F} = 9,64853 \cdot 10^4 \text{ A s}$  1

·  $0,01150 \text{ mol e}^- \hat{=} 0,0115 \cdot 9,64853 \cdot 10^4 \text{ As} \hat{=} \frac{1110 \text{ As}}{3600 \frac{\text{s}}{\text{uur}}} = 0,308 \text{ A h}$  2

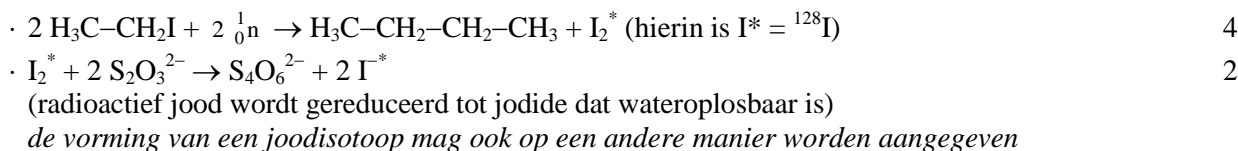
□ 20 maximaal 3 punten

·  $\Delta G^\circ = -n \cdot F \Delta V^\circ \Rightarrow \Delta G^\circ = -2 \cdot 9,648 \cdot 10^4 \cdot 1,26 = -243,1 \text{ kJ mol}^{-1}$  1

·  $K = e^{-\Delta G^\circ / RT} = e^{\frac{243,1 \cdot 10^3}{8,3145298}} = e^{98,1} = 4,1 \cdot 10^{42}$  2

**Opgave 5 Tikken tellen****(19 punten)**

□ 21 maximaal 6 punten



□ 22 maximaal 13 punten

·

$t$ (min)	17	29	50	60	76	105	123
$N_t$	6985	5111	2753	2117	1256	584	351
$\ln N_t$	8,85	8,54	7,92	7,66	7,14	6,37	5,86

·  $\ln \frac{N_0}{N_t} = kt \Rightarrow \ln N_t = \ln N_0 - kt$ , dus recht evenredig verband 2

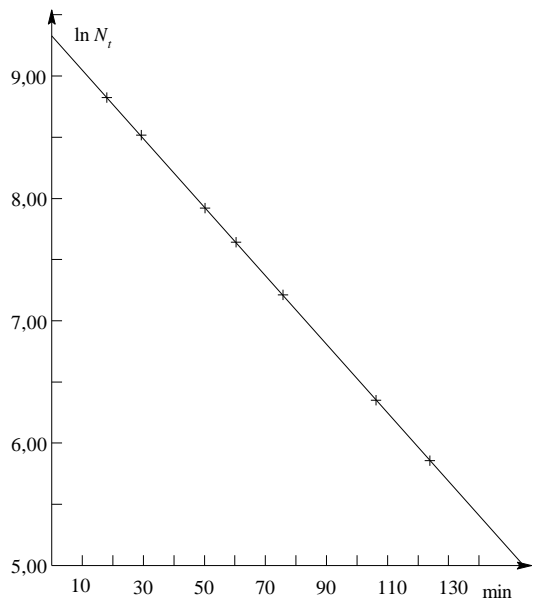
· grafiek juist en nauwkeurig (zie onder) 4

· richtingscoëfficiënt goed afgelezen 2

· extrapoleren naar  $t = 0$  levert  $\ln N_0 = 9,32 \Rightarrow N_0 = 1,12 \cdot 10^4$  2

·  $k = 0,0281 \text{ min}^{-1}; t_{1/2} = (\ln 2)/k = 24,7 \text{ min}$  1

(De vervalsnelheid  $k$  is gelijk aan de negatieve richtingscoëfficiënt =  $\frac{3,32}{118 \text{ min}}$ )





Periodiek systeem der elementen met (afgeronde) relatieve atoommassa's en elektronenconfiguraties

groep periode	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	1,008 <b><sub>1</sub>H</b> waterstof 1																		4,003 <b><sub>2</sub>He</b> helium 2
2	6,941 <b><sub>3</sub>Li</b> lithium 2,1	9,012 <b><sub>4</sub>Be</b> beryllium 2,2											10,81 <b><sub>5</sub>B</b> boor 2,3	12,01 <b><sub>6</sub>C</b> koolstof 2,4	14,01 <b><sub>7</sub>N</b> stikstof 2,5	16,00 <b><sub>8</sub>O</b> zuurstof 2,6	19,00 <b><sub>9</sub>F</b> fluor 2,7	20,18 <b><sub>10</sub>Ne</b> neon 2,8	
3	22,99 <b><sub>11</sub>Na</b> natrium 2,8,1	24,31 <b><sub>12</sub>Mg</b> magnesium 2,8,2											26,98 <b><sub>13</sub>Al</b> aluminium 2,8,3	28,09 <b><sub>14</sub>Si</b> silicium 2,8,4	30,97 <b><sub>15</sub>P</b> fosfor 2,8,5	32,06 <b><sub>16</sub>S</b> zwavel 2,8,6	35,45 <b><sub>17</sub>Cl</b> chloor 2,8,7	39,95 <b><sub>18</sub>Ar</b> argon 2,8,8	
4	39,10 <b><sub>19</sub>K</b> kalium 2,8, 8,1	40,08 <b><sub>20</sub>Ca</b> calcium 8,2	44,96 <b><sub>21</sub>Sc</b> scandium 9,2	47,90 <b><sub>22</sub>Ti</b> titaan 10,2	50,94 <b><sub>23</sub>V</b> vanadium 11,2	52,00 <b><sub>24</sub>Cr</b> chrom 13,1	54,94 <b><sub>25</sub>Mn</b> mangaan 13,2	55,85 <b><sub>26</sub>Fe</b> ijzer 14,2	58,93 <b><sub>27</sub>Co</b> kobalt 15,2	58,71 <b><sub>28</sub>Ni</b> nikkel 16,2	63,55 <b><sub>29</sub>Cu</b> koper 18,1	65,38 <b><sub>30</sub>Zn</b> zink 18,2	69,72 <b><sub>31</sub>Ga</b> gallium 18,3	72,59 <b><sub>32</sub>Ge</b> germanium 18,4	74,92 <b><sub>33</sub>As</b> arsen 18,5	78,96 <b><sub>34</sub>Se</b> seleen 18,6	79,90 <b><sub>35</sub>Br</b> broom 18,7	83,80 <b><sub>36</sub>Kr</b> krypton 18,8	
5	85,47 <b><sub>37</sub>Rb</b> rubidium 2,8,18 8,1	87,62 <b><sub>38</sub>Sr</b> strontium 8,2	88,91 <b><sub>39</sub>Y</b> yttrium 9,2	91,22 <b><sub>40</sub>Zr</b> zirkonium 10,2	92,91 <b><sub>41</sub>Nb</b> niobium 12,1	95,94 <b><sub>42</sub>Mo</b> molybdeen 13,1	97 <b><sub>43</sub>Tc</b> technetium 13,2	101,1 <b><sub>44</sub>Ru</b> ruthenium 15,1	102,9 <b><sub>45</sub>Rh</b> rhodium 16,1	106,4 <b><sub>46</sub>Pd</b> palladium 18	107,9 <b><sub>47</sub>Ag</b> zilver 18,1	112,4 <b><sub>48</sub>Cd</b> cadmium 18,2	114,8 <b><sub>49</sub>In</b> indium 18,3	118,7 <b><sub>50</sub>Sn</b> tin 18,4	121,8 <b><sub>51</sub>Sb</b> antimoon 18,5	127,6 <b><sub>52</sub>Te</b> telluur 18,6	126,9 <b><sub>53</sub>I</b> jood 18,7	131,3 <b><sub>54</sub>Xe</b> xenon 18,8	
6	132,9 <b><sub>55</sub>Cs</b> cesium 2,8,18, 18,8,1	137,3 <b><sub>56</sub>Ba</b> barium 18,8,2	138,9 <b><sub>57</sub>La</b> lanthaan 18,9,2	178,5 <b><sub>72</sub>Hf</b> hafnium 32,10,2	180,9 <b><sub>73</sub>Ta</b> tantaal 32,11,2	183,9 <b><sub>74</sub>W</b> wolfram 32,12,2	186,2 <b><sub>75</sub>Re</b> renium 32,13,2	190,2 <b><sub>76</sub>Os</b> osmium 32,14,2	192,2 <b><sub>77</sub>Ir</b> iridium 32,15,2	195,1 <b><sub>78</sub>Pt</b> platina 32,17,1	197,0 <b><sub>79</sub>Au</b> goud 32,18,1	200,6 <b><sub>80</sub>Hg</b> kwik 32,18,2	204,4 <b><sub>81</sub>Tl</b> thallium 32,18,3	207,2 <b><sub>82</sub>Pb</b> lood 32,18,4	209,0 <b><sub>83</sub>Bi</b> bismut 32,18,5	209 <b><sub>84</sub>Po</b> polonium 32,18,6	210 <b><sub>85</sub>At</b> astat 32,18,7	222 <b><sub>86</sub>Rn</b> radon 32,18,8	
7	223 <b><sub>87</sub>Fr</b> francium 2,8,18,32, 18,8,1	226 <b><sub>88</sub>Ra</b> radium 18,8,2	227 <b><sub>89</sub>Ac</b> actinium 18,9,2	259 <b><sub>104</sub>Rf</b> rutherfordium 32,10,2	262 <b><sub>105</sub>Db</b> dubnium 32,11,2	263 <b><sub>106</sub>Sg</b> seaborgium 32,12,2	262 <b><sub>107</sub>Bh</b> bohrium 32,13,2	265 <b><sub>108</sub>Hs</b> hassium 32,14,2	265 <b><sub>109</sub>Mt</b> meitnerium 32,15,2										

relatieve atoommassa
atoomnummer <b>Symbol</b>
naam
elektronenconfiguratie

lanthaniden	140,1 <b><sub>58</sub>Ce</b> cerium 2,8,18, 19,9,2	140,9 <b><sub>59</sub>Pr</b> praseodymium 21,8,2	144,2 <b><sub>60</sub>Nd</b> neodymium 22,8,2	145 <b><sub>61</sub>Pm</b> promethium 23,8,2	150,4 <b><sub>62</sub>Sm</b> samarium 24,8,2	152,0 <b><sub>63</sub>Eu</b> europium 25,8,2	157,3 <b><sub>64</sub>Gd</b> gadolinium 25,9,2	158,9 <b><sub>65</sub>Tb</b> terbium 27,8,2	162,5 <b><sub>66</sub>Dy</b> dysprosium 28,8,2	164,9 <b><sub>67</sub>Ho</b> holmium 29,8,2	167,3 <b><sub>68</sub>Er</b> erbium 30,8,2	168,9 <b><sub>69</sub>Tm</b> thulium 31,8,2	173,0 <b><sub>70</sub>Yb</b> ytterbium 32,8,2	175,0 <b><sub>71</sub>Lu</b> lutetium 32,9,2
actiniden	232,0 <b><sub>90</sub>Th</b> thorium 2,8,18,32, 18,10,2	231 <b><sub>91</sub>Pa</b> protactinium 20,9,2	238,0 <b><sub>92</sub>U</b> uraan 21,9,2	237 <b><sub>93</sub>Np</b> neptunium 22,9,2	244 <b><sub>94</sub>Pu</b> plutonium 24,8,2	243 <b><sub>95</sub>Am</b> americium 25,8,2	247 <b><sub>96</sub>Cm</b> curium 25,9,2	247 <b><sub>97</sub>Bk</b> berkelium 27,8,2	251 <b><sub>98</sub>Cf</b> californium 28,8,2	252 <b><sub>99</sub>Es</b> einsteinium 29,8,2	257 <b><sub>100</sub>Fm</b> fermium 30,8,2	257 <b><sub>101</sub>Md</b> mendelevium 31,8,2	257 <b><sub>102</sub>No</b> nobelium 32,8,2	257 <b><sub>103</sub>Lr</b> lawrencium 32,9,2

