

Analyse

10.1 Spectroscopie

A 1

- a** radiogolven, infrarode straling (warmtestraling), (zichtbaar) licht, ultraviolette straling en röntgenstraling
b in golflengte/energie

A 2

Het lijntje geeft de golflengte en dus de energie aan die wordt geabsorbeerd. Deze is gelijk aan de golflengte/energie die wordt uitgezonden. Dit komt omdat de energie die nodig is om een elektron naar een aangeslagen toestand te krijgen, gelijk is aan de energie die wordt uitgezonden als dat elektron daarna terugvalt naar de grondtoestand.

B 3

$$\mathbf{a} \quad E = \frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J s} \times 2,998 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}}{1050 \cdot 10^{-9} \text{ m}} = 1,892 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

- b** $1050 \text{ nm} = 1,050 \cdot 10^{-6} \text{ m}$. Dit hoort bij infraroodstraling (nabij infrarood).

B 4

- a** De lichtsnelheid is $2,998 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$, 97% daarvan is $\frac{97}{100} \times 2,998 \cdot 10^8 = 2,9 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$.

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J s} \times 2,9 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}}{1,3 \cdot 10^{-6} \text{ m}} = 1,5 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

- b** De afstand is $12 \text{ km} = 12 \cdot 10^3 \text{ m}$. Het signaal doet er $\frac{12 \cdot 10^3 \text{ m}}{2,9 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}} = 4,1 \cdot 10^{-5} \text{ s}$ over.

B 5

- a** tussen de 580 en 620 nm
b Een wortel weerkaatst alleen oranje licht. Als er alleen met groen licht op geschenen zal worden, zal de wortel dus niets weerkaatsten. Hij zal dus zwart zijn.

C 6

- a** Zonlicht gaat door het helium heen dat zich op de zon bevindt. Door opname van energie bij een specifieke golflengte is die golflengte niet meer aanwezig in het licht dat door de helium heen gaat. Zo ontstaat een lijn in het absorptiespectrum. Bij de opname van energie door een atoom gaat een elektron naar een hoger energieniveau. Zo ontstaat een aangeslagen atoom.

- b** $1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, dus $2,115 \text{ eV} = 2,115 \times 1,60 \cdot 10^{-19} = 3,38 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{h \cdot c}{E} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J s} \times 2,998 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}}{3,38 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 5,87 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 587 \text{ nm}$$

C 7

- a** Dan meet je niet het licht dat door de vlam heen gaat, maar het licht dat de vlam uitzendt. Dat doe je door niet in het verlengde van de lichtbron te meten, maar onder een andere hoek.
b Ja, want de golflengte waarbij atomen absorberen is gelijk aan de golflengtes waarbij de atomen uitzenden.
c Door alleen lood in de vlam te brengen en te zien bij welke golflengte de vlam dan licht absorbeert.

10.2 Kwalitatieve analyse

A 8

- a** Dan nemen de atoombindingen energie op waardoor buig- en strekvibraties versterkt worden.
- b** Bij ir-spectroscopie meet je met ir-straling en bij uv/VIS-spectroscopie met uv-straling en/of (zichtbaar) licht. De gebruikte golflengtes bij beide technieken verschillen dus.

B 9

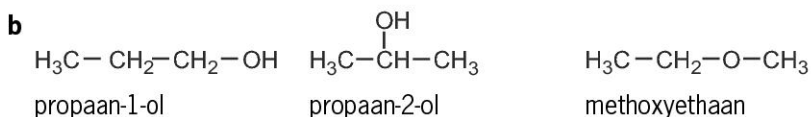
- a** Je ziet een grote brede piek tussen 3500 en 3000 cm^{-1} , want hierbij absorbeert de OH-binding.
- b** Je kunt door deze brede piek een aantal andere pieken in dit gebied niet goed zien. Je kunt zo ook niet zien of de moleculen een OH-binding bevatten.
- c** Omdat je met ir-spectroscopie alleen atoombindingen meet. Kaliumbromide is een zout en heeft alleen ionbindingen.
- d** KNO_3 en NH_4Cl . Dit zijn zouten met samengestelde ionen. Deze bevatten wel atoombindingen.

B 10

- a** $2500 \text{ cm}^{-1} = \frac{1}{2500 \text{ cm}} = 4,000 \cdot 10^{-4} \text{ cm} = 4,000 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 4,000 \cdot 10^{-6} \text{ m} \times 10^9 = 4000 \text{ nm}$
- b** $12\,500 \text{ nm} = \frac{12\,500}{10^9} = 1,2500 \cdot 10^{-5} \text{ m} = 1,2500 \cdot 10^{-3} \text{ cm} = \frac{1}{1,2500 \cdot 10^{-3} \text{ cm}} = 800,00 \text{ cm}^{-1}$
- c** $E = \frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J s} \times 2,998 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}}{12\,500 \cdot 10^{-9} \text{ m}} = 1,589 \cdot 10^{-20} \text{ J}$
- d** Hoe groter het golfgetal, hoe *kleiner* de golflengte en hoe *groter* de energie.

B 11

- a** Nee, in deze moleculen komt geen dubbele binding voor omdat er wegens de covalentie van de aanwezige atomen dan ten minste twee waterstofatomen minder moeten zijn ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ of $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}$). Elke dubbele $\text{C}=\text{C}$ -binding 'kost' twee H-atomen.



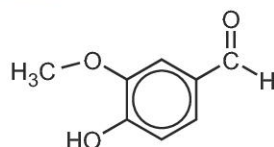
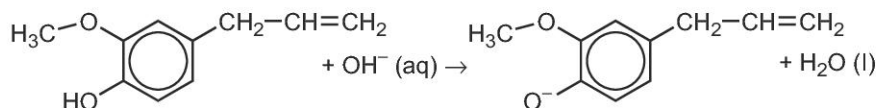
- c** Bij ongeveer 3400 cm^{-1} een strekvibratie van een $-\text{OH}$ -groep; alcohol of benzenol
 Bij 2971 cm^{-1} een C-H-strekvibratie van een alkaan
 Bij 1200 cm^{-1} een C-O-strekvibratie; carbonzuur, ester, ether of alcohol
- d** Nee, want zowel propaan-1-ol als propaan-2-ol bevat de bij c genoemde karakteristieke groepen. Je kunt hooguit zeggen dat het in ieder geval geen methoxymethaan is.

B 12

De golflengtes waarbij een oplossing niet absorbeert zijn de golflengtes die ze uitzendt. Deze vormen de kleur van de oplossing. Hier is dat onder de 500 nm. Dat komt overeen met blauw licht.

B 13 ★

- a** Permanganaationen absorberen niet bij 400 – 450 nm en niet bij 600 – 650 nm. Dat licht zenden ze uit. De kleur is dus donkerpaars-rood.
- b** Je kunt het beste meten bij de golflengte waar de grootste absorptie plaatsvindt. Dat is bij de hoogste piek in het spectrum: $\pm 530 \text{ nm}$.

C 14 ★**a****b**

- c** een C-H-buig-uit-vlak-vibratie (in een eindstandige C=CH₂-groep) bij ongeveer 900 cm⁻¹ of een C=C-strekvibratie (alkeen) bij ongeveer 1650 cm⁻¹
d een C=O-strekvibratie (aldehyde) bij ongeveer 1730 cm⁻¹

10.3 Kwantitatieve analyse

A 15

- a** kwantitatief
b kwalitatief, als je ook de hoeveelheid ervan bepaalt is de bepaling kwantitatief
c kwalitatief, als je ook de hoeveelheid ervan bepaalt is de bepaling kwantitatief

A 16

- a** Een blanco bevat alle stoffen die het monster ook bevat, behalve de stof die je wilt meten.
b Bloed dat geen anabole steroïden bevat

A 17

- a** Als er meer licht wordt geabsorbeerd door een monster, dan is de transmissie *kleiner*.
b De extinctie is dan *groter*.
c De gemeten concentratie is dan *groter*.

A 18

- a** Bij colorimetrie valt er licht op een stof. Je meet dan de absorptie. Een kleurloze stof absorbeert geen licht.
b Je kunt de stof met een specifieke andere stof laten reageren waardoor een nieuwe stof ontstaat die wel een kleur heeft.

B 19

- a** 250 mL = 0,250 L
 200 mg NO₃⁻ per L = 0,250 × 200 mg = 50,0 mg NO₃⁻ =
 $\frac{50,0 \text{ mg}}{62,006 \text{ g mol}^{-1}} = 0,806 \text{ mmol NO}_3^-$
 Dit komt overeen met 0,806 mmol NaNO₃ = 0,806 mmol × 84,995 g mol⁻¹ =
 68,5 mg NaNO₃.
b De intensiteit is 0,263. Daar hoort (via het diagram) een concentratie van 0,38 mg NO₃⁻ per 32 mL bij. Dat zat in 20 mL drinkwater. De concentratie is dus $\frac{0,38 \text{ mg}}{0,020 \text{ L}} = 19 \text{ mg L}^{-1}$.
c De blanco bevat salicylzuur en drinkwater zonder nitraat.

B 20 ⦿

- a** Je meet het licht dat van de appel af komt. Het is dus een emissiespectrum.
b Groen licht heeft een golflengte van tussen de 500 en 560 nm.
c De onderzoekers waren alleen maar geïnteresseerd of er een afname van de hoeveelheid bladgroen te meten was en niet hoeveel het bladgroen afnam. Het is dus een kwalitatieve analyse en geen kwantitatieve analyse.
d Een teler heeft heel veel fruit om te testen, een consument niet. Bovendien kan een consument volstaan met voelen aan het fruit om de rijpheid te bepalen.

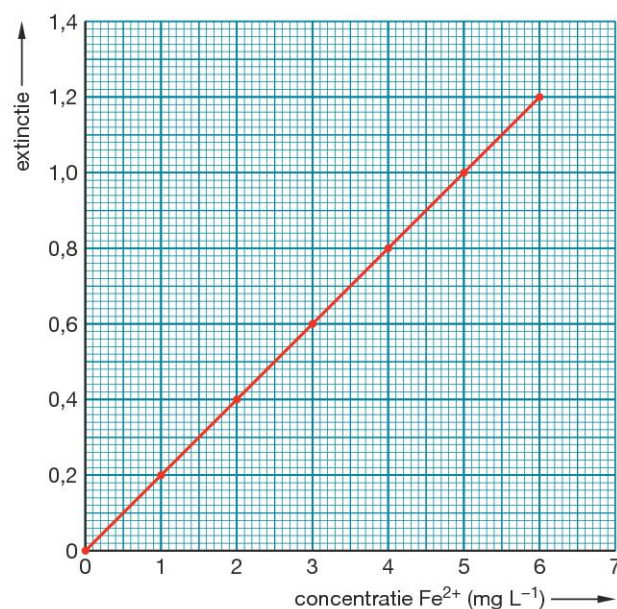
C 21 ★

- a** Bij een lage pH is de H^+ -concentratie hoog, dus ligt het complexvormingsevenwicht onvoldoende naar rechts. Een deel van het Fe^{2+} wordt dan niet gebonden, waardoor een te lage Fe^{2+} -concentratie zal worden gemeten.
- b** Zie de tabel en de daaruit volgende grafiek (figuur 10.1).

Fe^{2+} -gehalte ($mg\ L^{-1}$)	T	$E (= -\log T)$
0,0	1,0	0,0
1,0	0,62	0,21
2,0	0,40	0,40
3,0	0,25	0,60
4,0	0,15	0,82
5,0	0,10	1,0
6,0	0,06	1,2

- c** De gemeten extinctie van de oplossing is 0,55. Volgens de ijklijn komt dit overeen met een Fe^{2+} -gehalte van 2,75, dus 2,7 of 2,8 $mg\ L^{-1}$. Tijdens de voorbereiding is het grondwatermonster door het toevoegen van de twee andere oplossingen verdund tot 50 mL, dus met een factor 2,0.

Het Fe^{2+} -gehalte in het grondwater is $2,0 \times 2,75\ mg\ L^{-1} = 5,5\ mg\ L^{-1}$.



10.1 Grafiek ijzergehalte

10.4 Chromatografie

A 22

oplosbaarheid en adsorptievermogen (aanhechtungsvermogen)

A 23

- a** groot
b klein
c groot
d klein

B 24

a asparaginezuur en lysine

b 1 asparaginezuur: $R_f = \frac{0,70}{3,0} = 0,23$

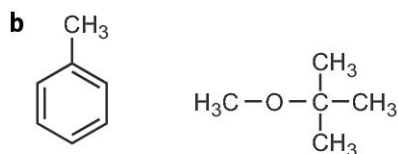
2 leucine: $R_f = \frac{2,5}{3,0} = 0,83$

3 lysine: $R_f = \frac{1,5}{3,0} = 0,50$

c Silica is de stationaire fase en de loopvloeistof de mobiele fase.

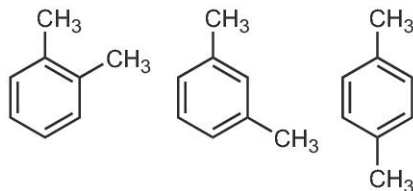
B 25

a Een alkaan met vanaf 4 tot en met 12 koolstofatomen met een vertakking (methyl, ethyl et cetera), bijvoorbeeld 3-methylpentaan



tolueen MTBE (2-methoxymethylpropan)

c Xyleen is dimethylbenzeen, dat heeft drie structuurisomeren:



d zwaveldioxide (SO₂)

e Kwalitatief: er zitten verschillende stoffen in de benzines.

Kwantitatief: de stoffen die in beide benzines zitten verschillen in hoeveelheid.

f Kwalitatief: pieken die in het ene chromatogrammen zitten en in het andere niet.

Kwantitatief: pieken bij dezelfde retentietijd in beide chromatogrammen hebben een verschillende piekoppervlakte.

g Het NFI analyseert alleen bewijzen. Of iemand dader is hangt niet alleen van de bewijzen af. Er moet ook onderzoek worden gedaan naar gelegenheid en motief.

B 26

Op een polaire kolom zullen de meest apolaire stoffen er het eerst afkomen. De volgorde is dus van apolair naar polair: pentaan, propaan, ether, ethanol, ethaan-1,2-diol.

B 27

a THC bindt goed aan de stationaire fase, de retentietijd is dus groot.

b THC is apolair en bindt goed aan de stationaire fase. De kolom (die de stationaire fase bevat) is dus ook apolair.

c Door onder dezelfde omstandigheden als bij de meting van de urine THC te injecteren

d De piekoppervlakte (piekhoogte mag ook)

e De onderzoekers moeten een precieze hoeveelheid THC injecteren op een chromatograaf onder dezelfde omstandigheden als bij de meting van de urine. De oppervlakte van de piek is recht evenredig met de hoeveelheid geïnjecteerde stof en je kunt dan de verhouding berekenen tussen de piekoppervlakte en de hoeveelheid stof. Met behulp van deze verhouding en de oppervlakte van de THC-piek in het chromatogram van de urine kan de onbekende hoeveelheid THC in de urine worden bepaald.

C 28 ★

a $12,25 \text{ cm}^2 \triangleq 50 \text{ mg L}^{-1}$, dus 1 cm^2 komt overeen met $\frac{50 \text{ mg L}^{-1}}{12,25} = 4,1 \text{ mg L}^{-1}$.

$$7,89 \text{ cm}^2 = 7,89 \times 4,1 \text{ mg L}^{-1} = 32 \text{ mg L}^{-1}$$

De molaire massa van diacetyl ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$) is $86,09 \text{ g mol}^{-1}$.

$$32 \text{ mg} \triangleq \frac{32 \text{ mg}}{86,09 \text{ g mol}^{-1}} = 0,37 \text{ mmol L}^{-1} \text{ diacetyl.}$$

- b** Het gaat om de retentietijd van diacetyl, om de diacetylpiek te vinden tussen alle pieken die in het chromatogram van bier staan.
- c** Zo krijg je resultaten die betrouwbaarder zijn, want meetfouten worden zo gecompenseerd.

10.5 Massaspectrometrie

A 29

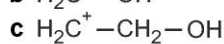
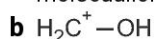
De deeltjes worden geïoniseerd, daarbij kan fragmentatie optreden. De ionen worden versneld. Vervolgens bewegen de ionen naar de detector.

A 30

- a** Een radicaal is een deeltje met een ongepaard elektron.
- b** Op de x-as staat m/z . De z staat voor de lading van een deeltje. Radicalen hebben geen lading.

B 31

a De molecuulformule is $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$: de molecuulmassa is 62 u en de lading van het molecuulion is $1+$. $m/z = 62$

**B 32** Ⓞ

- a** N-14 met 0-17 en N-15 met 0-16
- b** In het massaspectrum komt een piek voor bij $m/z = 28$. Deze piek kan alleen worden veroorzaakt door een ionsoort met twee N-atomen. De volgorde is dus NNO.

B 33

a Ze hebben het organische ion gemeten. Het kaliumion komt veel meer voor en het zegt dus niets over hoeveel in een zwembad wordt geplaatst.

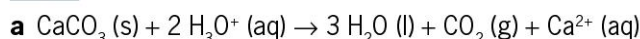
b De formule is $\text{C}_4\text{H}_4\text{NO}_4\text{S}^-$. De molecuulmassa (m) is dus 162,14 u. De lading is $1-$, dus $z = 1$. m/z is 162.

c Een olympisch zwembad bevat $50 \text{ m} \times 25 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 2,5 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ water. Volgens de tekst bevat 10 000 L zwembadwater 1 L urine.

$$2,5 \cdot 10^3 \text{ m}^3 \text{ zwembadwater bevat dus } \frac{2,5 \cdot 10^3}{10\,000} = 2,5 \cdot 10^{-1} \text{ L} = 2,5 \cdot 10^2 \text{ mL urine.}$$

De onderzoekers vonden 2360 ng ACE in 1 mL urine.

$$2,5 \cdot 10^2 \text{ mL urine bevat dus } 2,5 \cdot 10^2 \text{ mL} \times 2360 \text{ ng mL}^{-1} = 5,9 \cdot 10^5 \text{ ng} = 0,59 \text{ mg ACE.}$$

C 34

- b** isotopen in CO_2 -moleculen met massa 44 u: C-12, O-16 en O-16
isotopen in CO_2 -moleculen met massa 45 u: C-13, O-16 en O-16
isotopen in CO_2 -moleculen met massa 46 u: C-12, O-16 en O-18

- c** Alleen CO₂-moleculen van 45 u bevatten C-13.

De verhouding tussen de piekhoogtes is de molverhouding.

$$5,43 \text{ mol CO}_2 \text{ met C-13 bevat } 5,43 \text{ mol C-13} = 5,43 \text{ mol} \times 13,00 \text{ g mol}^{-1} =$$

$$70,6 \text{ g C-13.}$$

$$482,80 \text{ mol CO}_2 \text{ met massa } 44 \text{ g mol}^{-1} = 482,80 \text{ mol} \times 44 \text{ g mol}^{-1} = 2,1 \cdot 10^4 \text{ g}$$

$$5,43 \text{ mol CO}_2 \text{ met massa } 45 \text{ g mol}^{-1} = 5,43 \text{ mol} \times 45 \text{ g mol}^{-1} = 2,4 \cdot 10^2 \text{ g}$$

$$1,00 \text{ mol CO}_2 \text{ met massa } 46 \text{ g mol}^{-1} = 1,00 \text{ mol} \times 46 \text{ g mol}^{-1} = 46 \text{ g}$$

$$\text{massa-\% C-13} = \frac{\text{massa C-13}}{\text{totale massa van alle CO}_2} = \frac{70,6 \text{ g}}{(2,1 \cdot 10^4 + 2,4 \cdot 10^2 + 46) \text{ g}} \times 100\% = 0,33\%$$

C 35 ★

- a** In het massaspectrum komen piekjes voor bij $m/z = 80$ en bij $m/z = 82$ en die komen overeen met (de molecuulmassa's van) H⁷⁹Br respectievelijk H⁸¹Br.

- b** De molaire massa van ⁸¹Br₂ is 161,8 g mol⁻¹.

De molaire massa van K⁸¹Br is 120,0 g mol⁻¹.

$$50 \text{ mg } ^{81}\text{Br}_2 \triangleq \frac{50 \text{ mg}}{161,8 \text{ g mol}^{-1}} = 0,309 \text{ mmol } ^{81}\text{Br}_2$$

Nodig is dan $2 \times 0,309 \text{ mmol} = 0,618 \text{ mmol K}^{81}\text{Br}$.

Dit komt overeen met $0,618 \text{ mmol} \times 120,0 \text{ g mol}^{-1} = 74 \text{ mg K}^{81}\text{Br}$.

- c** $(m/z = 162) : (m/z = 160) = 100,0 : 4,1$

Aantal mol ⁸¹Br₂ : aantal mol ⁷⁹Br⁸¹Br = 100,0 : 4,1

In 100,0 mol ⁸¹Br₂ zijn 200,0 mol ⁸¹Br-atomen aanwezig.

In 4,1 mol ⁷⁹Br⁸¹Br zijn 4,1 mol ⁷⁹Br-atomen en 4,1 mol ⁸¹Br-atomen aanwezig.

$$\text{Het gehalte aan } ^{81}\text{Br-atomen is } \frac{200 + 4,1}{200 + 4,1 + 4,1} \times 100\% = 98\%.$$

De bewering van de leverancier (minstens 99,0% ⁸¹Br) is onjuist.

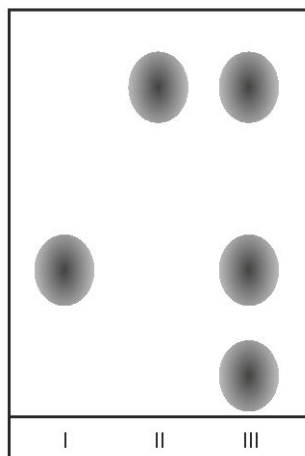
Afsluiting

1 

- a** C–H-strekvibratie
b In spectrum A is rond de 3200 cm^{-1} een duidelijke piek te zien. Dit komt overeen met O–H-strekvibratie. Dus spectrum A is van butaan-2-ol en spectrum B is van ethoxyethaan.

2 

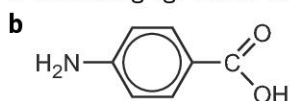
- a** Stof B op plaats I en stof A op plaats II, stof B hecht beter aan het papier, dus de vlek zal lager uitkomen dan die van stof A.
b Zie figuur 10.2.
c De groene kleurstof injecteren, er moeten drie pieken te zien zijn. Vervolgens kleurstof A en kleurstof B apart injecteren en de retentietijden vergelijken met twee van de pieken in het chromatogram van de groene kleurstof.
d Ja, want de kleurstoffen hebben een (zichtbare) kleur en absorberen dus licht in het zichtbare gebied.



10.2 Chromatogram

3

- a** Uv-straling ligt tussen de 100 en 400 nm.



- c** Deze verbinding zal redelijk oplosbaar in water zijn. De moleculen bestaan uit een hydrofoob middendeel met twee polaire, H-brugvormende groepen. Deze groepen kunnen H-bruggen vormen met water.
d Stof 1: er is een absorptieband van C–N en N–H en bij stof 2 zie je die niet.
e Stof 2, want het linkergedeelte van de stoffen als de esterbinding breekt heeft bij stof 1 een massa van 120 u en bij stof B een massa van 137 u. Er is een piek bij 137 u en nauwelijks eentje bij 120 u.

4

- a** NO^+
b Uit de piek bij $m/z = 30$ blijkt dat het N-atoom gebonden moet zijn aan het O-atoom. Uit de piek bij $m/z = 49$ blijkt dat het N-atoom gebonden moet zijn aan het Cl-atoom. De volgorde is dus ONCl.

5 ★

- a** De onderzoekers maken afzonderlijke chromatogrammen van zuiver alfa-, bèta- en gamma-HBCD en bepalen de plaats van de pieken / de retentietijd van alfa-, bèta- en gamma-HBCD. De pieken van alfa-, bèta- of gamma-HBCD bevinden zich op dezelfde plaats / hebben dezelfde retentietijd als pieken afkomstig van het monster.
- b** Hypothese 1 is niet in overeenstemming met de resultaten van het experiment. De respons van gamma-HBCD neemt wel af, maar hierbij neemt de respons van alfa-HBCD niet toe.
Hypothese 2 is wel in overeenstemming met de resultaten van het experiment. De respons van alfa-HBCD blijft constant en de respons van gamma-HBCD neemt af.

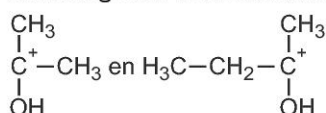
6

Bij de extinctie hoort een $[\text{Cr}^{3+}]$ van $0,039 \text{ M} (\pm 0,01)$.
Dit bevond zich in $100,0 \text{ mL} = 0,1000 \text{ L}$.
 $0,1000 \text{ L} \times 0,039 \text{ mol L}^{-1} = 3,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol Cr}^{3+} = 3,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol Cr}$
Cr heeft een molaire massa van $52,00 \text{ g}$.
 $3,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol Cr}$ heeft dus een massa van $3,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \times 52,00 \text{ g mol}^{-1} = 0,20 \text{ g Cr}$.
Het erts bevatte $\frac{0,20 \text{ g}}{1,897 \text{ g}} \times 100\% = 11\% \text{ Cr}$.

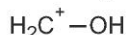
7

- a** Elsje heeft het juist. Bij ir-spectroscopie wordt alleen gemeten welke type bindingen er zijn. Q en R bevatten dezelfde type bindingen. Door nauwkeurig bepalen van de plaats van de pieken kun je wel zien of het om een primaire of een secundaire alcohol gaat. Je zou dus ook kunnen zeggen dat Mirjam gelijk heeft.

- b** α -cleavage van het molecuulion van Q geeft:



α -cleavage van het molecuulion van R geeft:



- c** Bij α -cleavage van het molecuulion van Q ontstaan ionen met massa 59 u en 73 u. In massaspectrum b komen bij $m/z = 59$ en $m/z = 73$ pieken voor met hoge intensiteit, in massaspectrum a niet. Dus moet structuurformule Q worden toegekend aan de fractie waarvan massaspectrum b is opgenomen en structuurformule R worden toegekend aan de fractie waarvan massaspectrum a is opgenomen.

8 ★

- a** Uitgaande van 1000 kalium-40 atomen zijn er op het moment van meting x atomen omgezet, over zijn er dus $1000 - x$ kalium-40 atomen.
11% van de omgezette kalium-40 atomen zijn argon-40 atomen geworden.
Over zijn er $0,11 \times x$ argon-40 atomen.
De verhouding tussen het aantal gevormde argon-40 atomen en de nog aanwezige kalium-40 atomen is $\frac{0,341}{0,443} = 0,77$. Je kunt nu x uitrekenen: $\frac{0,11 \times x}{1000 - x} = 0,77 \rightarrow x = 875$.
Er zijn 875 kalium-40 atomen omgezet. Er zijn $1000 - 875 = 125$ kalium-40 atomen over. Vanuit duizend is de hoeveelheid dan drie keer gehalveerd ($1000 \rightarrow 500 \rightarrow 250 \rightarrow 125$). Er is dus drie keer de halfwaardetijd voorbij gegaan: $3 \times 1,28 \text{ miljard jaar} = 3,84 \text{ miljard jaar}$.
- b** Er is dan meer ^{40}Ar aanwezig, je meet dus minder ^{40}K . Je meting geeft dan aan dat het gesteente ouder is dan de werkelijke ouderdom.