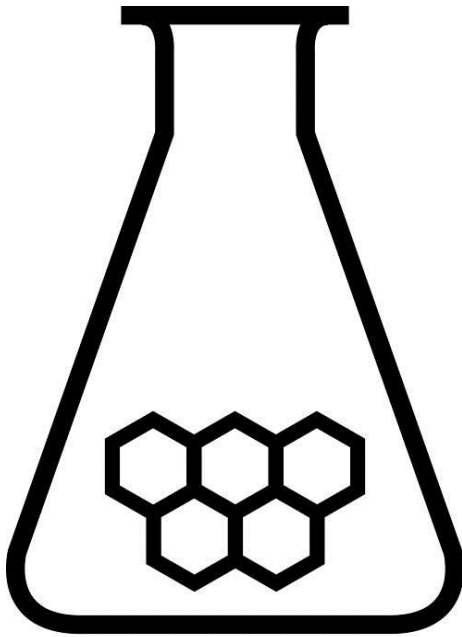


NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE

CORRECTIEMODEL VOORRONDE 2

af te nemen in de periode van
7 april tot en met 11 april 2014



UNIVERSITEIT VAN AMSTERDAM

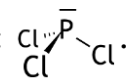
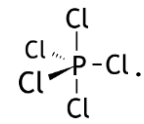
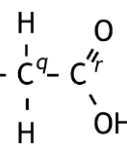
SCHEIKUNDE OLYMPIADE

- Deze voorronde bestaat uit 20 meerkeuzevragen verdeeld over 7 onderwerpen en 3 open opgaven met in totaal 16 deelvragen.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 90 punten (geen bonuspunten).
- Benodigde hulpmiddelen: rekenapparaat en BINAS 5^e druk.
- Bij elke vraag is het aantal punten vermeld dat een juist antwoord op die vraag oplevert.
- Bij de correctie van het werk moet bijgaand antwoordmodel worden gebruikt. Daarnaast gelden de algemene regels, zoals die bij de correctievoorschriften voor het CE worden verstrekt.

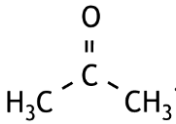
Opgave 1 Meerkeuzevragen**(totaal 40 punten)**

per juist antwoord: 2 punten

Structuren en formules

1	B	<p>PCl₃ heeft een tetraëdrische omringing met een niet-bindend elektronenpaar: </p> <p>PCl₅ heeft de structuur van een trigonale bipyramide: </p>
2	E	<p>De formule is: H₂C = C = CH₂. Alle C – H bindingen zijn σ bindingen en de dubbele bindingen bestaan uit een σ binding en een π binding.</p>
3	B	<p>De structuurformule is: </p> <p>C^p heeft een lineaire omringing: sp hybridisatie; C^q heeft een tetraëdrische omringing: sp³ hybridisatie; C^r heeft een trigonale omringing: sp² hybridisatie.</p>

Analyse

4	A	<p>De molverhouding H₂SO₄ : NaOH = 1 : 2, dus de molariteit van het zwavelzuur is:</p> $\frac{1}{2} \times 18,46 \times 0,0420 = 0,0194 \text{ M.}$
5	B	<p>In geval I reageert minder zoutzuur dan wordt afgelezen. De berekende hoeveelheid Na₂CO₃ is dan te hoog en de berekende hoeveelheid H₂O wordt te laag. In geval II is het juist andersom.</p>
6	A	<p>Propanon is: </p> <p>Alle zes H atomen in een propanonmolecuul zijn gelijkwaardig en hebben geen burenen.</p>

Redox en elektrolyse

7	A	De reactie is: $\text{Cu(s)} + 2 \text{Ag}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{Ag}$.
8	E	$V_{\text{bron}} = V_{\text{ox}} - V_{\text{RED}} = \left(0,77 + 0,059 \log \frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]} \right) - \left(0,34 + \frac{0,059}{2} \log [\text{Cu}^{2+}] \right) =$ $= 0,43 + \frac{0,059}{2} \log \frac{[\text{Fe}^{3+}]^2}{[\text{Fe}^{2+}]^2 [\text{Cu}^{2+}]} = 0,44 \text{ V}$
9	B	Fe^{2+} is de sterkste oxidator en ook de sterkste reductor.

pH / Zuur-base

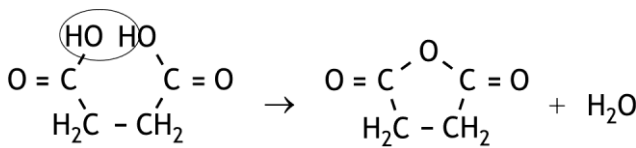
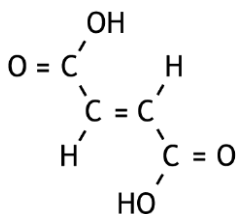
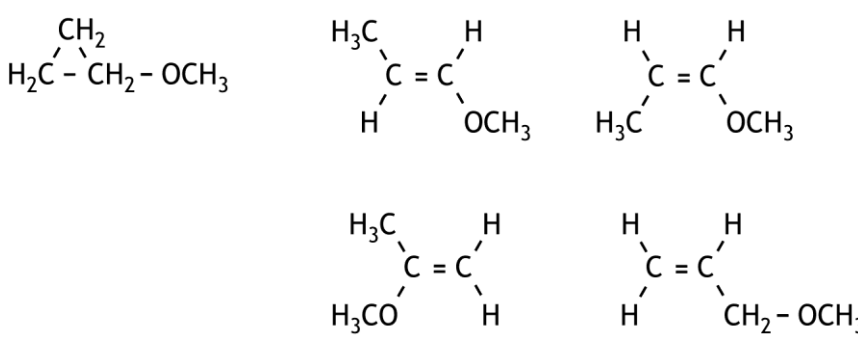
10	E	<p>De volgende reactie treedt op: $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} + \text{OH}^- \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O}$ Na afloop van de reactie blijft over $0,100 - 0,010 = 0,090$ mol $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$. Na afloop van de reactie is er $0,100 + 0,010 = 0,110$ mol $\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$. Voor de $[\text{H}_3\text{O}^+]$ van deze bufferoplossing geldt:</p> $[\text{H}_3\text{O}^+] = K_z \times \frac{\text{aantal mol } \text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}}{\text{aantal mol } \text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-} = 6,5 \cdot 10^{-5} \times \frac{0,090}{0,110} = 5,3 \cdot 10^{-5}.$ <p>Dus $\text{pH} = -\log 5,3 \cdot 10^{-5} = 4,27$.</p>
11	C	<p>De eerste ionisatiestap is aflopend en levert per liter $0,010$ mol H_3O^+ en HSO_4^-. De tweede ionisatiestap leidt tot een evenwicht: $\text{HSO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ Als in dit evenwicht per liter x mol HSO_4^- wordt omgezet, ontstaat x mol H_3O^+ en x mol SO_4^{2-}, zodat $[\text{HSO}_4^-] = (0,010 - x)$ mol L^{-1}, $[\text{H}_3\text{O}^+] = (0,010 + x)$ mol L^{-1} en $[\text{SO}_4^{2-}] = x$ mol L^{-1}. Dit invullen in de K_z van HSO_4^- levert $\frac{(0,010+x)x}{(0,010-x)} = 1,0 \cdot 10^{-2}$. Oplossen levert $x = 4,1 \cdot 10^{-3}$ en $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,010 + 4,1 \cdot 10^{-3} = 1,4 \cdot 10^{-2}$. Dus $\text{pH} = -\log 1,4 \cdot 10^{-2} = 1,85$</p>

Reactiesnelheid en evenwicht

12	B	<p>Als 75% is omgezet, zijn er twee halveringstijden verstreken. Eén halveringstijd is dus de helft van 60 minuten: 30 minuten.</p> <p>Of, via $\ln \frac{[\text{A}]_0}{[\text{A}]_t} = kt$:</p> $\frac{[\text{A}]_0}{[\text{A}]_t} = 4, \text{ dus } k = \frac{\ln 4}{60} \text{ min}^{-1} \text{ en } t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} = 30 \text{ min.}$
13	D	<p>De tweede stap is snelheidsbepalend: $s = k[\text{B}][\text{C}]$. Voor de eerste stap geldt: $\frac{[\text{C}]}{[\text{A}][\text{B}]} = K$ dus $[\text{C}] = K[\text{A}][\text{B}]$. Dit invullen in de vergelijking voor de reactiesnelheid levert $s = k[\text{B}]K[\text{A}][\text{B}] = kK[\text{A}][\text{B}]^2$.</p>

14	B	Links van het evenwichtsteken staat het minste aantal gasmoleculen, dus verschuift de ligging van het evenwicht bij drukverhoging naar links. De reactie naar rechts is endotherm, dus bij lage temperatuur verschuift de ligging van het evenwicht naar links.
----	---	--

Koolstofchemie

15	D	De reactie is: $\text{CH}_3\text{-CH}=\text{CH}-\text{CH}_3 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{-}\overset{\text{Cl}}{\underset{ }{\text{CH}}}\text{-}\overset{\text{Cl}}{\underset{ }{\text{CH}}}\text{-CH}_3$
16	B	In moleculen butaandizuur is vrije draaibaarheid rond alle enkelvoudige C – C bindingen. Het molecuul kan zich dan zodanig ‘oprollen’ dat de carbonzuurgroepen dicht genoeg bij elkaar komen om te kunnen reageren:  In moleculen <i>trans</i> -buteendizuur kan dit niet vanwege de starre dubbele binding: 
17	F	verzadigd onverzadigd 
18	C	Butaan, pentaan en hexaan ontstaan.

Rekenen en thermochemie

19	G	$V = \frac{3,44 \text{ (g)}}{28,01 \text{ (g mol}^{-1}\text{)}} \times \frac{32,00 \text{ (g mol}^{-1}\text{)}}{1,32 \text{ (g)}} \times 1,44 \text{ (dm}^3\text{)} = 4,29 \text{ dm}^3$
20	C	$\Delta_f H = \Delta_f H(\text{CH}_3\text{OH(l)}) + \Delta_f H(\text{H}_2\text{O(l)}) - \Delta_f H(\text{CO}_2\text{(g)}) = (-2,40 \cdot 10^5) + (-2,86 \cdot 10^5) - (-3,935 \cdot 10^5) = -1,32 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$

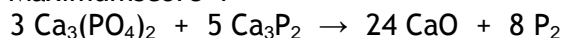
Open vragen

(totaal 50 punten)

Opgave 2 Fosfor

13 punten

□1 Maximumscore 4



- $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ en Ca_3P_2 voor de pijl 1
- CaO en P_2 na de pijl 1
- Ca en O balans juist 1
- P balans juist 1

□2 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Het aantal mol gas neemt toe, dus wordt het volume groter.

(De totale massa blijft gelijk, daarom, en omdat $\rho = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$, neemt de dichtheid af.)

Dus ρ_A is kleiner dan ρ_B

- het aantal mol gas neemt toe 1
- dus wordt het volume groter 1
- (de massa blijft gelijk en) conclusie 1

□3 Maximumscore 6

Voorbeelden van een juiste berekening zijn:

- Ga uit van 1,00 mol $\text{P}_4(\text{g})$.

In het evenwichtsmengsel is dan aanwezig 0,40 mol $\text{P}_4(\text{g})$ en 1,20 mol $\text{P}_2(\text{g})$, dus in totaal 1,60 mol gas.

Het molaire volume bij 1573 K en $p = p_0$ is $V_m = \frac{1573}{273} \times 22,4 \text{ dm}^3$.

Het volume van 1,60 mol gas is dus $1,60 \times \frac{1573}{273} \times 22,4 \text{ dm}^3$.

Dus $[\text{P}_4] = \frac{0,40}{1,60 \times \frac{1573}{273} \times 22,4} \text{ mol dm}^{-3}$ en $[\text{P}_2] = \frac{1,20}{1,60 \times \frac{1573}{273} \times 22,4} \text{ mol dm}^{-3}$ en

$$K_c = \frac{[\text{P}_2]^2}{[\text{P}_4]} = \frac{\left(\frac{1,20}{1,60 \times \frac{1573}{273} \times 22,4} \right)^2}{\frac{0,40}{1,60 \times \frac{1573}{273} \times 22,4}} = 1,7 \cdot 10^{-2}$$

- Ga uit van n mol $\text{P}_4(\text{g})$.

In het evenwichtsmengsel is dan aanwezig $0,40n$ mol $\text{P}_4(\text{g})$ en $1,20n$ mol $\text{P}_2(\text{g})$. Het aantal mol $\text{P}_2(\text{g})$ is dus 3,0 keer zo groot als het aantal mol $\text{P}_4(\text{g})$, dus geldt voor de partiële drukkens: $p_{\text{P}_2} = 3,0 \times p_{\text{P}_4}$.

De totale druk is $1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, dus $p_{\text{P}_2} = \frac{3}{4} \times 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ en $p_{\text{P}_4} = \frac{1}{4} \times 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

$$\text{Dus } K_p = \frac{(p_{P_2})^2}{p_{P_4}} = \frac{\left(\frac{3}{4} \times 1,013 \cdot 10^5\right)^2}{\frac{1}{4} \times 1,013 \cdot 10^5} \text{ (Pa) en}$$

$$K_c = \frac{K_p}{10^3 RT} = \frac{\frac{\left(\frac{3}{4} \times 1,013 \cdot 10^5\right)^2}{\frac{1}{4} \times 1,013 \cdot 10^5}}{10^3 \times 8,314 \times 1573} = 1,7 \cdot 10^{-2} \text{ (mol dm}^{-3}\text{)}.$$

- berekening van het molaire volume bij 1573 K en $p = p_0$: (bijvoorbeeld) 1573 (K) delen door 273 (K) en vermenigvuldigen met 22,4 (dm³ mol⁻¹) 1
- berekening van het aantal mol P₄(g) in het evenwichtsmengsel, uitgaande van 1,00 mol P₄(g): $\frac{100(\%) - 60(\%)}{10^2(\%)} \times 1,00 \text{ (mol)}$ 1
- berekening van het aantal mol P₂(g) in het evenwichtsmengsel, uitgaande van 1,00 mol P₄(g): $2 \times \frac{60(\%)}{10^2(\%)} \times 1,00 \text{ (mol)}$ 1
- berekening van het volume van het evenwichtsmengsel, uitgaande van 1,00 mol P₄(g): de som van het berekende aantal mol P₄ en het berekende aantal mol P₂ vermenigvuldigen met het berekende molaire volume bij 1573 K en $p = p_0$ 1
- berekening van [P₄] en [P₂] in het evenwichtsmengsel, uitgaande van 1,00 mol P₄(g): het berekende aantal mol P₄ en het berekende aantal mol P₂ in het evenwichtsmengsel delen door het berekende volume van het evenwichtsmengsel 1
- berekening van K_c: het kwadraat van de berekende [P₂] delen door de berekende [P₄] 1
- of
- berekening van het aantal mol P₄(g) in het evenwichtsmengsel, uitgaande van n mol P₄(g): $\frac{100(\%) - 60(\%)}{10^2(\%)} \times n \text{ (mol)}$ 1
- berekening van het aantal mol P₂(g) in het evenwichtsmengsel, uitgaande van n mol P₄(g): $2 \times \frac{60(\%)}{10^2(\%)} \times n \text{ (mol)}$ 1
- notie dat $p_{P_2} = 3,0 \times p_{P_4}$ 1
- berekening van de partiële drukken van P₂ en P₄: $\frac{3}{4} \times 1,013 \cdot 10^5 \text{ (Pa)}$ respectievelijk $\frac{1}{4} \times 1,013 \cdot 10^5 \text{ (Pa)}$ 1
- berekening van K_p: het kwadraat van de berekende p_{P_2} delen door de berekende p_{P_4} 1
- berekening van K_c: de berekende K_p delen door 10³RT 1

Opmerking

Wanneer bij de berekening volgens de tweede methode gebruik is gemaakt van de formule $\log K_c' = \log K_p + (m+n-p-q)\log RT$ (zie Binas-tabel 37B), met als uitkomst $1,7 \cdot 10^1 \text{ (mol m}^{-3}\text{)}$, dit goed rekenen.

Opgave 3 Hydratatie-enthalpie

16 punten

□4 Maximumscore 1

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Je hebt altijd te maken met (tenminste) twee tegengesteld geladen ionsoorten.

□5 Maximumscore 2

· kaliumionen en fluoride-ionen zijn even groot / hebben dezelfde ionstraal

1

· kaliumionen en fluoride-ionen hebben dezelfde (tegengestelde) lading

1

□6 Maximumscore 5

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

De temperatuursverandering bij het oplossen van 10,0 g KF is:

$$\Delta T = \frac{10,0 \text{ (g)}}{58,10 \text{ (g mol}^{-1})} \times 1,74 \cdot 10^4 \text{ (J mol}^{-1})}{250 \text{ (J s}^{-1}) \times 30,0 \text{ (s)}} \times 15,0 \text{ (}^\circ\text{C)} = 5,99 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Bij het oplossen komt warmte vrij, dus $T_e = 23,0 + 5,99 = 29,0 \text{ }^\circ\text{C}$.

· berekening van het aantal mol KF dat wordt opgelost: 10,0 (g) delen door de molaire massa van KF (58,10 g mol⁻¹)

1

· omrekening van het aantal mol KF dat wordt opgelost naar het aantal J dat daarmee gemoeid is: vermenigvuldigen met 1,74 · 10⁴ (J mol⁻¹)

1

· berekening van het aantal J dat nodig is om de temperatuur met 15,0 °C te verhogen: 250 (J s⁻¹) vermenigvuldigen met 30,0 (s)

1

· berekening van de temperatuursverandering die optreedt bij het oplossen van 10,0 g KF: het aantal J dat gemoeid is bij het oplossen van 10,0 g KF delen door het aantal J dat nodig is om de temperatuur met 15,0 °C te verhogen en vermenigvuldigen met 15,0 (°C)

1

· berekening van de eindtemperatuur: de temperatuursverandering die optreedt bij het oplossen van 10,0 g KF optellen bij 23,0 (°C)

1

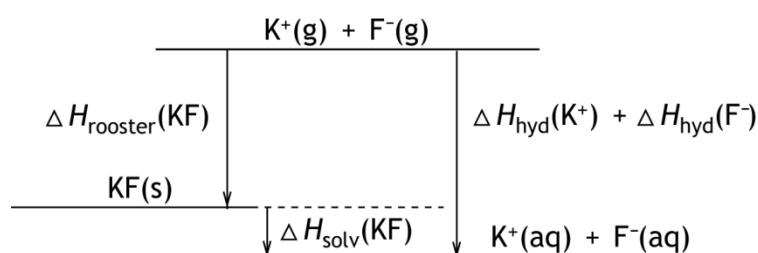
Indien een berekening is gegeven als:

4

$$\Delta T = \frac{10,0 \text{ (g)}}{58,10 \text{ (g mol}^{-1})} \times 1,74 \cdot 10^4 \text{ (J mol}^{-1})}{(10,0 + 90) \text{ (g)} \times 4,18 \text{ (JK}^{-1} \text{ g}^{-1})} = 7,16 \text{ K(}^\circ\text{C)}, \text{ dus } T_e = 23,0 + 7,16 = 30,2 \text{ }^\circ\text{C}.$$

□7 Maximumscore 3

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



· beginniveau van KF(s) en eindniveau van K⁺(aq) + F⁻(aq) getekend en eindniveau lager dan beginniveau

1

· tussenniveau van K⁺(g) + F⁻(g) getekend en tussenniveau (veel) hoger dan beginniveau

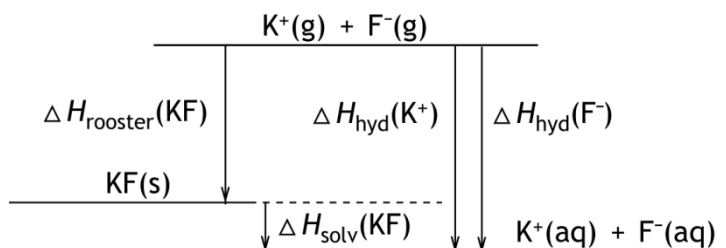
1

· enthalpieveranderingen op de juiste plaats vermeld

1

Indien een antwoord is gegeven als:

2



Opmerking

Wanneer in plaats van $\Delta H_{\text{rooster}}(KF)$ en/of $\Delta H_{\text{solv}}(KF)$ de juiste waarden zijn vermeld, respectievelijk $-8,2 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ en $-1,74 \cdot 10^4 \text{ J mol}^{-1}$, dit goed rekenen.

□8 Maximumscore 3

$$\Delta H_{\text{hyd}}(K^+) = \Delta H_{\text{hyd}}(F^-) = \frac{(-8,2 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}) + (-1,74 \cdot 10^4 \text{ J mol}^{-1})}{2} = -4,2 \cdot 10^5 \text{ (J mol}^{-1}\text{)}.$$

· juiste waarden voor $\Delta H_{\text{rooster}}(KF)$ en $\Delta H_{\text{solv}}(KF)$ gebruikt

1

· alle plus- en/of min-teken juist

2

Indien in een overigens juist antwoord één plus- of min-teken onjuist is

2

Indien in een overigens juist antwoord twee of meer plus- en/of min-tekenen onjuist zijn

1

Indien een antwoord is gegeven als

$$\Delta H_{\text{hyd}}(K^+) = \Delta H_{\text{hyd}}(F^-) = \frac{-1,74 \cdot 10^4 \text{ (J mol}^{-1}\text{)}}{2} = -8,70 \cdot 10^3 \text{ (J mol}^{-1}\text{)}$$

0

Opmerking

Wanneer een onjuist antwoord op vraag 8 het consequente gevolg is van een onjuist antwoord op vraag 7, dit antwoord op vraag 8 goed rekenen.

□9 Maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Doe dezelfde soort proefjes met KCl, NaCl en NaF, om, uitgaande van de gevonden hydratatie-enthalpie van K^+ , de hydratatie-enthalpieën van Cl^- , Na^+ en F^- te bepalen.

· notie dat met behulp van (de oplosenthalpie van) bijvoorbeeld KCl de hydratatie-enthalpie van Cl^- kan worden bepaald

1

· rest van de procedure

1

■ Opgave 4 Naproxen

21 punten

□10 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

Een kwart tablet bevat ongeveer $\frac{550}{230} \times \frac{1}{4}$ mmol naproxen.

Stel dat de loog en het zoutzuur ongeveer c M zijn, dan zit in 25 mL loog $25c$ mmol OH^- . De helft daarvan moet met naproxen reageren, dat is dus $25c \times \frac{1}{2}$ mmol OH^- .

Omdat OH^- en naproxen in de molverhouding 1 : 1 met elkaar reageren, geldt

$\frac{550}{230} \times \frac{1}{4} = 25c \times \frac{1}{2}$. Dit levert $c = 0,048$.

- berekening van de massa van een mmol naproxen: 230 (mg mmol^{-1}) 1
- berekening van het aantal mmol naproxen in een kwart tablet: 550 (mg) delen door de berekende massa van een mmol naproxen en vermenigvuldigen met $\frac{1}{4}$ 1
- berekening van het aantal mmol OH^- dat moet reageren met naproxen: 25 (mL) vermenigvuldigen met c (mmol mL^{-1}) en met $\frac{1}{2}$ 1
- notie dat OH^- en naproxen in de molverhouding 1 : 1 met elkaar reageren en berekening van c 1

Opmerking

De significantie in de uitkomst niet beoordelen.

□11 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Het betreft de titratie van een sterke base met een sterk zuur. Dan kunnen in principe beide indicatoren worden gebruikt. Maar je moet verhinderen dat tijdens de titratie ook de zuurrest van naproxen reageert. (Dat gebeurt bij lage pH waardes.) Dus methylooranje kan niet worden gebruikt.

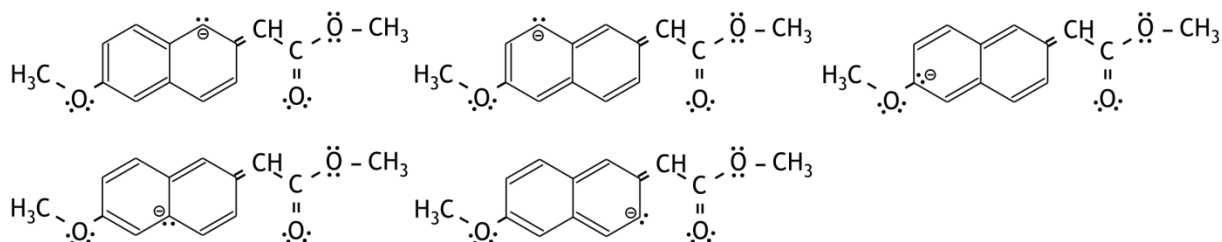
- het betreft de titratie van een sterke base met een sterk zuur 1
- dus fenolftaleïne kan worden gebruikt 1
- notie dat de zuurrest van naproxen niet mag reageren 1
- dus methylooranje kan niet worden gebruikt 1

□12 Maximumscore 1

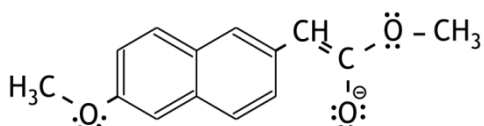
CH_3OH

□13 Maximumscore 4

Grensstructuur met de negatieve lading op een koolstofatoom in het aromatische deel van het ion, één van de volgende:



Grensstructuur met de minlading op één van de zuurstofatomen:



- de ene grensstructuur juist 2
- de andere grensstructuur juist 2

Indien in een overigens juist antwoord in één grensstructuur de niet-bindende elektronenparen niet zijn getekend 3

Indien in een overigens juist antwoord in beide grensstructuren de niet-bindende elektronenparen niet zijn getekend 2

Opmerking

Wanneer de niet-bindende elektronenparen bij het O atoom van één of beide O-CH₃ groepen niet zijn getekend, dit niet aanrekenen.

□14 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Het joodatoom van het joodmethaanmolecuul wordt vervangen, dus is het een substitutiereactie.

Het aanvallende deeltje is negatief geladen, dus nucleofiel.

Aan het C atoom van het joodmethaan molecuul zijn slechts H atomen gebonden, dus zal de substitutiereactie een tweede orde reactie zijn.

Conclusie: S_N2.

- uitleg dat het een substitutiereactie is 1
- uitleg dat het een nucleofiele substitutiereactie is 1
- uitleg dat het een tweede orde reactie is en conclusie 1

□15 Maximumscore 2

Verzeppen en aanzuren.

- verzeppen 1
- aanzuren 1

Indien een antwoord is gegeven als 'hydrolyse' 1

□16 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Het C atoom van de CH₂ groep wordt asymmetrisch. Daardoor ontstaat een racemisch mengsel. En kennelijk is slechts één van de stereo-isomeren werkzaam.

- het C atoom van de CH₂ groep wordt asymmetrisch 1
- er ontstaat een racemisch mengsel 1
- notie dat slechts één van de stereo-isomeren werkzaam is 1