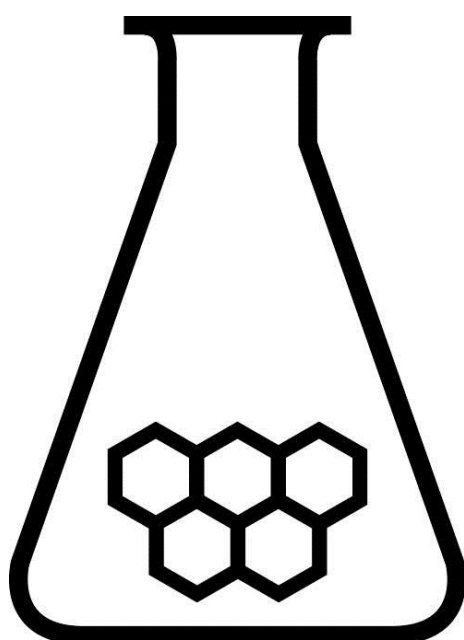


43^e Nationale Scheikundeolympiade

Eindronde 2022

Meerkeuzetoets
Scoringsvoorschrift

2 juni 2022



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



54th IChO 2022
International Chemistry Olympiad



TIANJIN, CHINA



- Deze toets bestaat uit 20 meerkeuzevragen verdeeld over 8 onderwerpen.
- Gebruik voor de beantwoording van de meerkeuzevragen het antwoordblad.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 40 punten.
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 6^e druk of ScienceData 1^e druk.

Meerkeuzevragen

(totaal 40 punten)

per juist antwoord: 2 punten

Koolstofchemie

1	F	Om $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ om te zetten tot $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH}$ is een reductor nodig. Zowel LiAlH_4 als Zn / HCl zijn geschikte reductoren. RMgX (Grignardreagens) reageert volgens een zuur-basereactie met butaanzuur.
2	B	De NO_2 groep is een meta-richter, dus die eerst invoeren. Daarna Cl invoeren, die komt dus op de meta-plaats. Tenslotte de NO_2 groep reduceren. Het Cl atoom en de NH_2 groep zijn ortho-para-richters. Dus als je die eerst invoert, wordt het volgende substituent op de ortho- en/of para-plaats ingevoerd.
3	B	Het Wittig-reagens reageert alleen met een aldehyde of een keton tot een alkeen. Ethanal is dus de enige van de drie genoemde stoffen die reageert tot het gewenste alkeen volgens: $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{O} + (\text{Ph})_3\text{P} = \text{C}(\text{CH}_3)_2 \rightarrow \text{CH}_3 - \text{CH} = \text{C}(\text{CH}_3)_2 + \text{O} = \text{P}(\text{Ph})_3$
4	A	De prioriteitsvolgorde aan C2 is (van groot naar klein) $\text{OH} > \text{CH}_2\text{OH} > \text{CH}_3 > \text{H}$. De volgorde $\text{OH} > \text{CH}_2\text{OH} > \text{CH}_3$ "draait rechtsom", dus (2R). De prioriteitsvolgorde aan C3 is (van groot naar klein) $\text{OH} > \text{CH}_2\text{OH} > \text{CH}_2\text{CH}_3 > \text{H}$. De volgorde $\text{OH} > \text{CH}_2\text{OH} > \text{CH}_2\text{CH}_3$ "draait rechtsom", dus (3R).

Structuren en formules

5	B	d orbitalen hebben hebben als nevenquantumgetal $l = 2$. Dit treedt pas op wanneer het hoofquantumgetal $n = 3$.
6	C	A en B zijn geen spiegelbeeldisomeren (A is een "mesovorm", dus van A bestaat geen enantiomeer), dus bewering I is onjuist. C en D zijn geen spiegelbeeldisomeren, maar wel stereo-isomeren. Dus C en D zijn diastereomeren.

pH / zuur-base

7	E	Uit $4 \times 0,2 = 0,8$ mol $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ en $3 \times 0,2 = 0,6$ mol $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ontstaat $2 \times 0,6$ mol HC_2O_4^- en er blijft $0,2$ mol $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ over. $\text{pH} = \text{p}K_2(\text{HC}_2\text{O}_4^-) + \log \frac{\text{aantal mol base}}{\text{aantal mol zuur}} = 3,81 + \log \frac{0,2}{2 \times 0,6} = 3,0$
8	C	$K = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{F}^-]}{[\text{NH}_3][\text{HF}]} = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{H}_3\text{O}^+][\text{F}^-]}{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+][\text{HF}]} = \frac{1}{K_2(\text{NH}_4^+)} \times K_z(\text{HF}) = \frac{6,3 \cdot 10^{-4}}{5,6 \cdot 10^{-10}} = 1,1 \cdot 10^6$

9	C	<p>De eerste ionisatiestap van H_2SO_4 is sterk, de tweede ionisatiestap leidt tot een evenwicht, dus uit 0,10 mol H_2SO_4 per liter ontstaat iets meer dan 0,10 mol H_3O^+. De pH van een 0,10 M H_2SO_4 oplossing is dus lager dan 1,00.</p> <p>HCl is een éénwaardig sterk zuur, dus uit 0,10 mol HCl per liter ontstaat 0,10 mol H_3O^+. Dus de pH van een 0,10 M HCl oplossing is 1,00.</p> <p>H_3PO_4 is een zwak zuur. De eerste ionisatiestap verloopt niet volledig, de tweede en derde ionisatiestappen verlopen vrijwel niet. Uit 0,10 mol H_3PO_4 per liter ontstaat dus minder dan 0,10 mol H_3O^+, dus de pH van een 0,10 M H_3PO_4 oplossing is hoger dan 1,00.</p>
---	---	---

Redox en elektrochemie

10	C	<p>De sterkste oxidator is H_2O, dus aan de negatieve elektrode treedt de volgende reactie op: $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$.</p> <p>De sterkste reductor is I^-, dus aan de positieve elektrode treedt de volgende reactie op: $2 \text{I}^- \rightarrow \text{I}_2 + 2 \text{e}^-$.</p>
11	F	$V_{\text{bron}} = V_A - V_B = V^0(\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}) - \left(V^0(\text{Fe}/\text{Fe}^{2+}) + \frac{0,059}{2} \log[\text{Fe}^{2+}] \right)$ $= 0,34 - \left(-0,45 + \frac{0,059}{2} \log \frac{K_s}{[\text{OH}^-]^2} \right) = 0,34 - \left(-0,45 + \frac{0,059}{2} \log \frac{4,9 \cdot 10^{-17}}{(10^{-2})^2} \right)$ $= 1,15 \text{ V}$

Reactiesnelheid en evenwicht

12	B	<p>In het evenwichtsmengsel blijft per mol N_2O_4, na 20% dissociatie, 0,80 mol N_2O_4 over en is 0,40 mol NO_2 ontstaan.</p> <p>De molfractie van N_2O_4 is dus $\frac{0,80}{1,20}$ en de molfractie van NO_2 is dus $\frac{0,40}{1,20}$.</p> $p_{\text{N}_2\text{O}_4} = \frac{0,80}{1,20} \times 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa} \text{ en } p_{\text{NO}_2} = \frac{0,40}{1,20} \times 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ $K_p = \frac{(p_{\text{NO}_2})^2}{p_{\text{N}_2\text{O}_4}} = \frac{\left(\frac{0,40}{1,20} \times 1,01 \cdot 10^5 \right)^2}{\left(\frac{0,80}{1,20} \times 1,01 \cdot 10^5 \right)} = 1,7 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
13	C	<p>Voor een nulde orde reactie geldt $s = k$.</p> <p>Dus bij 60 °C (333 K) is na 3,0 minuten het omzettingspercentage van 20% bereikt. Bij 40 °C (313 K) was na 15 minuten het omzettingspercentage van 20% bereikt. Stel dat a mol is omgezet bij het omzettingspercentage van 20%.</p> $\frac{k \text{ bij } 333 \text{ K}}{k \text{ bij } 313 \text{ K}} = \frac{s \text{ bij } 333 \text{ K}}{s \text{ bij } 313 \text{ K}} = \frac{a / 3,0}{a / 15} = \frac{15}{3,0}$ $E_a = R \times \frac{333 \times 313}{333 - 313} \times \ln \frac{15}{3,0} = 7,0 \cdot 10^4 \text{ J mol}^{-1}$

14	D	<p>De snelheid van de reactie wordt bepaald door de langzaamste stap, dus $s = k_1[\text{O}_3][\text{O}]$.</p> <p>Voor de eerste stap geldt: $\frac{[\text{O}][\text{O}_2]}{[\text{O}_3]} = K$ of $[\text{O}] = K \frac{[\text{O}_3]}{[\text{O}_2]}$.</p> <p>Dus $s = k_1 K \frac{[\text{O}_3]^2}{[\text{O}_2]} = k \frac{[\text{O}_3]^2}{[\text{O}_2]}$.</p>
----	---	---

Analyse

15	E	<p>In I zit een piek bij 1700 cm^{-1} die wordt veroorzaakt door de C = O strekvibratie van een carbonylverbinding. Dus I is van cyclohexanon.</p> <p>In II zit een piek bij 3350 cm^{-1} die wordt veroorzaakt door de O – H strekvibratie van een alcohol en tussen $3000\text{-}3100 \text{ cm}^{-1}$ zitten pieken van de C – H strekvibratie van een aroma. Dus II is van benzenol.</p> <p>In III zit een piek bij 3350 cm^{-1} die wordt veroorzaakt door de O – H strekvibratie van een alcohol en tussen $2800\text{-}3000 \text{ cm}^{-1}$ zitten pieken van de C – H strekvibratie van een alkaan. Dus III is van cyclohexanol.</p>
16	B	<p>Alle drie stoffen hebben de formule $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$. In alle drie massaspectra zit de molecuulionpiek bij $m/z = 86$.</p> <p>Massaspectrum I is van pentaan-2-on.</p> <p>De (hoge) piek bij $m/z = 43$ wijst op CH_3CO^+ fragmenten en $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2^+$ fragmenten.</p> <p>Massaspectrum II is van pentanal.</p> <p>Het piekje bij $m/z = 85$ wijst op $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CO}^+$ fragmenten.</p> <p>De piek bij $m/z = 43$ wijst op $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2^+$ fragmenten en de piek bij $m/z = 29$ wijst op CHO^+ fragmenten.</p> <p>(De (hoge) piek bij $m/z = 44$ is afkomstig van $\text{CH}_2=\text{CHOH}^+$ fragmenten die ontstaan na een McLaffertyomlegging.)</p> <p>Massaspectrum III is van pentaan-3-on.</p> <p>De piek bij $m/z = 57$ wijst op $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CO}^+$ fragmenten en de piek bij $m/z = 29$ wijst op CH_3CH_2^+ fragmenten.</p>

17	B	<p>De reactievergelijking is $2 \text{MnO}_4^- + 5 \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 6 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{Mn}^{2+} + 10 \text{CO}_2 + 8 \text{H}_2\text{O}$. In de eerste proef reageert dus $1,00y$ mmol $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ met $\frac{2}{5} \times 1,00y = 0,400y$ mmol MnO_4^-.</p> <p>Er was oorspronkelijk $1,00x$ mmol MnO_4^-, dus over $(1,00x - 0,400y)$ mmol MnO_4^-. Het volume van de oplossing is $2,00$ mL, dus $[\text{MnO}_4^-] = \frac{1,00x - 0,400y}{2,00}$.</p> <p>De molaire extinctiecoëfficiënt is $2000 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$.</p> <p>De extinctie is dus $E = 2000 \times \frac{1,00x - 0,400y}{2,00} \times 1,00 = 0,600$, of $1,00x - 0,400y = 6,00 \cdot 10^{-4}$.</p> <p>In de tweede proef reageert dus $1,50y$ mmol $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ met $\frac{2}{5} \times 1,50y = 0,600y$ mmol MnO_4^-.</p> <p>Er was oorspronkelijk $1,00x$ mmol MnO_4^-, dus over $(1,00x - 0,600y)$ mmol MnO_4^-. Het volume van de oplossing is $2,50$ mL, dus $[\text{MnO}_4^-] = \frac{1,00x - 0,600y}{2,50}$. De extinctie is dus $E = 2000 \times \frac{1,00x - 0,600y}{2,50} \times 1,00 = 0,320$, of $1,00x - 0,600y = 4,00 \cdot 10^{-4}$.</p>
----	---	---

Rekenen

18	A	<p>Er wordt $0,100 \times 10,0 \text{ cm}^3$ Fe omgezet. Dat is $0,100 \times 10,0 \times 7,87$ g Fe of $\frac{0,100 \times 10,0 \times 7,87}{55,85}$ mol Fe.</p> <p>Daaruit ontstaat $\frac{1}{2} \times \frac{0,100 \times 10,0 \times 7,87}{55,85}$ mol Fe_2O_3, of $\frac{1}{2} \times \frac{0,100 \times 10,0 \times 7,87}{55,85} \times 159,69$ g Fe_2O_3. Dat is $\frac{1}{2} \times \frac{0,100 \times 10,0 \times 7,87}{55,85} \times 159,69$ $\frac{5,24}{5,24} = 2,1 \text{ cm}^3 \text{ Fe}_2\text{O}_3$.</p> <p>Dat komt op de $9,0 \text{ cm}^3$ Fe die over was gebleven, het totale volume is dan $9,0 + 2,1 = 11,1 \text{ cm}^3$.</p>
19	B	<p>Alle xenon komt in moleculen XeF_4 en XeF_6 terecht en er is geen F_2 meer over. In totaal ontstaat dus 125 mmol ($\text{XeF}_4 + \text{XeF}_6$).</p> <p>De druk is dus $p = \frac{nRT}{V} = \frac{0,125 \times 8,314 \times (130 + 273)}{1,00 \times 10^{-3}} = 4,19 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.</p>

Thermochemie

20	G	<p>De reactievergelijking voor de vorming van een mol SO_2 is $\frac{1}{8} \text{S}_8(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{SO}_2(\text{g})$.</p> <p>Hiervoor geldt $\Delta_f H = -2,97 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$.</p> <p>Dus $-2,97 \cdot 10^5 = \frac{1}{8} \times \Delta_{\text{subl}} H(\text{S}_8) + 2 \times BE_{(\text{SO binding})} - BE_{(\text{O}=\text{O})} - BE_{(\text{S}-\text{S})} =$</p> $= \frac{1}{8} \times 0,93 \cdot 10^5 + 2 \times BE_{(\text{SO binding})} - (-4,98 \cdot 10^5) - (-2,64 \cdot 10^5)$ <p>Dus</p> $BE_{(\text{SO binding})} = \frac{-2,97 \cdot 10^5 - \frac{1}{8} \times 0,93 \cdot 10^5 - 4,98 \cdot 10^5 - 2,64 \cdot 10^5}{2} = -5,35 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}.$
----	---	---

43^e Nationale Scheikundeolympiade 2022 Eindronde
Antwoorden meerkeuzevragen

nr.	Keuze letter
1	F
2	B
3	B
4	A
5	B
6	C
7	E
8	C
9	C
10	C
11	F
12	B
13	C
14	D
15	E
16	B
17	B
18	A
19	B
20	G