

NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE

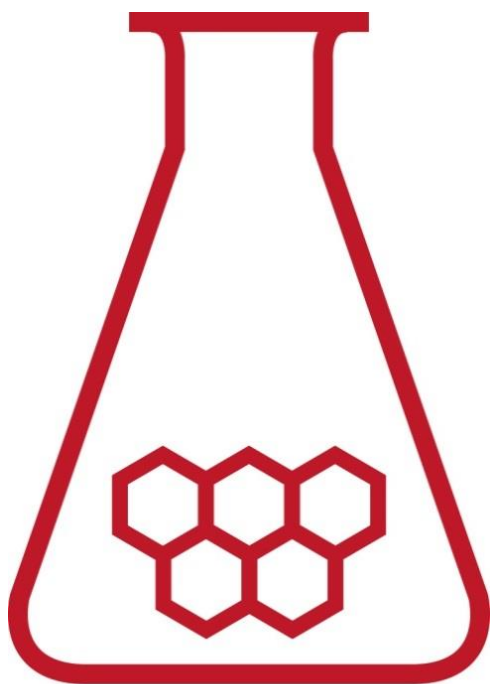
2022

Opgaven en correctievoorschriften

Voorronde 1

Voorronde 2

Eindronde



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



54th IChO 2022

International Chemistry Olympiad



TIANJIN, CHINA



Inhoud

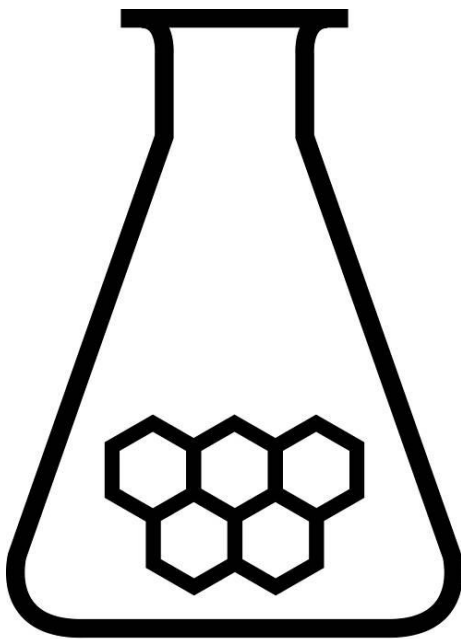
Opgaven voorronde 1	3
Opgave 1 Meerkeuzevragen	5
Opgave 2 Nitraat in grondwater	12
Opgave 3 Bisfenol A	13
Opgaven voorronde 2	17
Opgave 1 Meerkeuzevragen	18
Opgave 2 Glucosebepaling	26
Opgave 3 Het Mondproces	28
Opgave 4 Molnupiravir	30
Opgaven eindronde Open vragen toets	37
Opgave 1 Pyriet	39
Opgave 2 Argentometrie met Volhard	40
Opgave 3 Waterstofproductie door de ontleding van water	42
Opgave 4 Broomadditie	44
Opgave 5 De Diels-Alder reactie	44
Opgave 6 De malonzuurestersynthese	45
Opgaven eindronde Meerkeuzetoets	47
Correctievoorschrift voorronde 1	61
Opgave 1 Meerkeuzevragen	62
Opgave 2 Nitraat in grondwater	65
Opgave 3 Bisfenol A	67
Correctievoorschrift voorronde 2	71
Opgave 1 Meerkeuzevragen	72
Opgave 2 Glucosebepaling	77
Opgave 3 Het Mondproces	79
Opgave 4 Molnupiravir	81
Correctievoorschrift eindronde Open vragen toets	85
Opgave 1 Pyriet	86
Opgave 2 Argentometrie met Volhard	87
Opgave 3 Waterstofproductie door de ontleding van water	92
Opgave 4 Broomadditie	94
Opgave 5 De Diels-Alder reactie	95
Opgave 6 De malonzuurestersynthese	96
Correctievoorschrift eindronde Meerkeuzetoets	99

In 2022 is vanwege de corona pandemie de International Chemistry Olympiad, die in China zou worden gehouden, niet doorgegaan. Omdat de organisatie van de International Chemistry Olympiad had besloten om, net als in 2020 en 2021, een remote wedstrijd te organiseren die uitsluitend uit een theoretische toets zou bestaan, is ook een theoretische nationale eindronde georganiseerd. Deze eindronde bestond uit twee toetsen: een toets met open vragen en een toets met meerkeuzevragen.

NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2022

OPGAVEN VOORRONDE 1

af te nemen in de periode van
12 tot en met 28 januari 2022



SCHEIKUNDE OLYMPIADE



- Deze voorronde bestaat uit 20 meerkeuzevragen verdeeld over 9 onderwerpen en 2 opgaven met in totaal 10 open vragen alsmede een antwoordblad voor de meerkeuzevragen.
- Gebruik voor de beantwoording van de meerkeuzevragen het antwoordblad.
- Gebruik voor de beantwoording van elke opgave met open vragen een apart antwoordvel, voorzien van naam.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 76 punten.
- De voorronde duurt 2 klokuren.
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 6^e druk of ScienceData 1^e druk.
- Bij elke vraag is het aantal punten vermeld dat een juist antwoord op die vraag oplevert.
- Tenzij anders is vermeld, is er sprake van standaardomstandigheden: $T = 298 \text{ K}$ en $p = p_0$.

Deze toets is tot stand gekomen dankzij de medewerking van de volgende personen:

Olav Altenburg
Alex Blokhuis
Johan Broens
Martin Groeneveld
Mees Hendriks
Jacob van Hengst
Daan Hogers
Marijn Jonker
Emiel de Kleijn
Jasper Landman
Bob Lefeber
Marte van der Linden
Piet Mellema
Han Mertens
Geert Schulpen
Paula Teeuwen
Eveline Wijbenga
Amin Zadeh
Emmy Zeetsen

De eindredactie was in handen van:
Kees Beers en Dick Hennink

Opgave 1 Meerkeuzevragen

(totaal 40 punten)

Schrijf bij elke vraag je antwoord (letter) op het antwoordblad. Dit antwoordblad vind je aan het eind van dit opgavenboekje.

Normering: 2 punten per juist antwoord.

Koolstofchemie

- 1 Een methode om de ester ethylacetaat (ethylethanoaat) te maken is de reactie van etheen met azijnzuur (ethaanzuur).

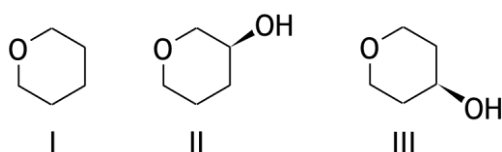
Welk type reactie is dit?

- A additie
- B condensatie
- C eliminatie
- D substitutie

- 2 Hoeveel verbindingen met de molecuulformule C_6H_{14} zijn er?

- A 3
- B 4
- C 5
- D 6

- 3 Hieronder is van drie verbindingen de structuur weergegeven.



Welke van deze verbindingen is/zijn optisch actief?

- A alleen I
- B alleen II
- C alleen III
- D alleen I en II
- E alleen I en III
- F alleen II en III
- G alle drie

Reacties

- 4 Het zout natriumhydride reageert met water volgens onderstaande reactievergelijking:
 $\text{NaH(s)} + \text{H}_2\text{O(l)} \rightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{g})$
Welke bewering(en) over deze reactie is/zijn juist?
- I Het is een redoxreactie.
 - II Het is een zuurbasereactie.
- A geen van beide
B alleen I
C alleen II
D beide

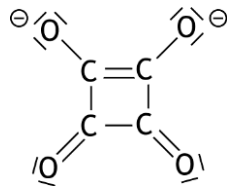
Reactiesnelheid en evenwicht

- 5 Voor het evenwicht
 $\text{Cd}^{2+}(\text{aq}) + 4 \text{SCN}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Cd}(\text{SCN})_4^{2-}(\text{aq})$
geldt bij een bepaalde temperatuur $K = 1,0 \cdot 10^3$.
Bij deze temperatuur bevat een oplossing waarin evenwicht heerst 0,50 mol $\text{Cd}^{2+}(\text{aq})$,
0,50 mol $\text{SCN}^-(\text{aq})$ en 0,50 mol $\text{Cd}(\text{SCN})_4^{2-}(\text{aq})$.
Hoe groot is het volume van deze oplossing?
- A 2,0 L
B 2,2 L
C 2,8 L
D 11 L
E $2,0 \cdot 10^3$ L
- 6 In de reactie $\text{Cl}_2(\text{g}) + 3 \text{F}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{ClF}_3(\text{g})$ is de snelheid waarmee F_2 verdwijnt gelijk aan $1,0 \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$.
Hoe groot is de snelheid waarmee ClF_3 ontstaat?
- A $0,33 \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$
B $0,67 \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$
C $1,0 \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$
D $1,5 \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$

Structuren en formules

- 7 In het fulminaat (CNO^-) is het N atoom het middelste atoom.
Welke bewering(en) over de lewisstructuur van het fulminaat is/zijn juist?
- I Het N atoom heeft een formele positieve lading.
 - II Het N atoom heeft een niet-bindend elektronenpaar.
- A geen van beide
B alleen I
C alleen II
D beide

- 8 Het kwadraation kan met de volgende lewisstructuur worden weergegeven:



Welke bewering beschrijft de bindingslengten in het kwadraation het best?

- A Alle koolstof-koolstof bindingslengten zijn gelijk aan elkaar en alle koolstof-zuurstof bindingslengten zijn gelijk aan elkaar.
- B Er zijn twee verschillende koolstof-koolstof bindingslengten, maar alle koolstof-zuurstof bindingslengten zijn gelijk aan elkaar.
- C Er zijn twee verschillende koolstof-koolstof bindingslengten en twee verschillende koolstof-zuurstof bindingslengten.
- D Er zijn drie verschillende koolstof-koolstof bindingslengten en twee verschillende koolstof-zuurstof bindingslengten.
- 9 Van diazeen (N_2H_2) bestaan twee stereo-isomeren, *cis*-diazeeen en *trans*-diazeeen. Welke van onderstaande uitspraken is/zijn juist?
- I Een molecuul *cis*-diazeeen is een dipoolmolecuul.
- II Een molecuul *trans*-diazeeen heeft een vlakke structuur.
- A geen van beide
- B alleen I
- C alleen II
- D beide

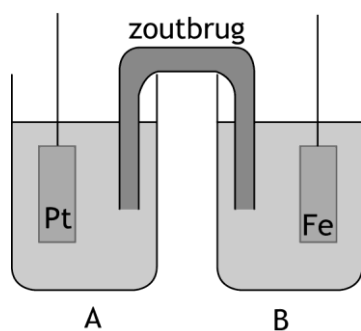
pH / zuur-base

- 10 De pH van een oplossing van NaCN is 9,60.
Wat is de molariteit van deze oplossing?
- A $2,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$
- B $4,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$
- C $9,9 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$
- D $1,4 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$

Redox en elektrochemie

- 11 In een zure oplossing reageren bromaationen en bromide-ionen tot broommoleculen. De onvolledige reactievergelijking, waarin alleen de coëfficiënten ontbreken, is hieronder weergegeven.
- $$\text{H}^+(\text{aq}) + \text{BrO}_3^-(\text{aq}) + \text{Br}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{Br}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$$
- Wat is de verhouding tussen de coëfficiënten van BrO_3^- en Br^- in de kloppend gemaakte vergelijking van deze reactie?
- A $\text{BrO}_3^- : \text{Br}^- = 1 : 1$
 - B $\text{BrO}_3^- : \text{Br}^- = 1 : 2$
 - C $\text{BrO}_3^- : \text{Br}^- = 1 : 3$
 - D $\text{BrO}_3^- : \text{Br}^- = 1 : 4$
 - E $\text{BrO}_3^- : \text{Br}^- = 1 : 5$
 - F $\text{BrO}_3^- : \text{Br}^- = 1 : 6$
- 12 Een koper(II)sulfaatoplossing wordt geëlektrolyseerd; beide elektroden zijn van koper. Wat is het resultaat wanneer de elektrolyse gedurende 1300 sec met een stroomsterkte van 0,35 A wordt uitgevoerd?
- A De positieve elektrode is 0,15 g lichter geworden.
 - B De positieve elektrode is 0,30 g lichter geworden.
 - C De positieve elektrode is 0,60 g lichter geworden.
 - D De positieve elektrode is 0,15 g zwaarder geworden.
 - E De positieve elektrode is 0,30 g zwaarder geworden.
 - F De positieve elektrode is 0,60 g zwaarder geworden.

13 Hieronder is een elektrochemische cel getekend.



In compartiment A bevindt zich een 1,0 M FeCl_3 oplossing en in compartiment B een 1,0 M NaCl oplossing.

Welke halfreactie treedt op aan welke elektrode, als deze cel stroom levert?

aan de positieve elektrode

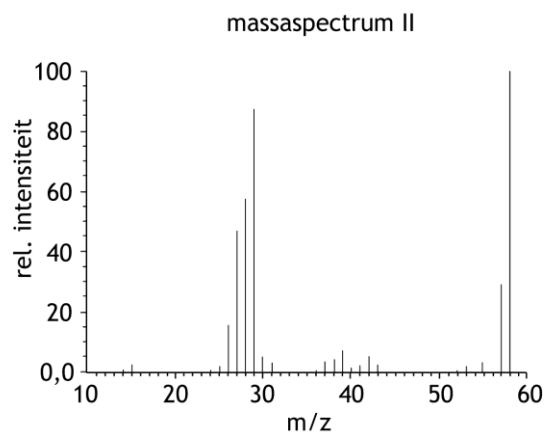
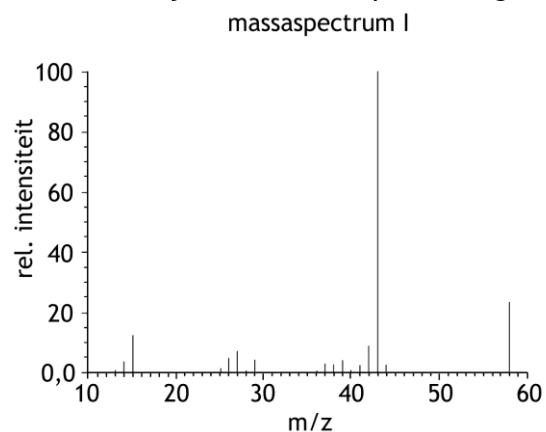
- A $2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2 \text{e}^-$
- B $2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2 \text{e}^-$
- C $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^-$
- D $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^-$
- E $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$
- F $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$
- G $\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}$
- H $\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}$

aan de negatieve elektrode

- A $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$
- B $\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}$
- C $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$
- D $\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}$
- E $2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2 \text{e}^-$
- F $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^-$
- G $2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2 \text{e}^-$
- H $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^-$

Analyse

14 Hieronder zijn twee massaspectra afgebeeld.



Van welke stoffen zijn deze massaspectra?

- massaspectrum I
- A propaan-1-ol
 - B propaan-1-ol
 - C propanal
 - D propanal
 - E propanon
 - F propanon

- massaspectrum II
- A propanal
 - B propanon
 - C propaan-1-ol
 - D propanon
 - E propaan-1-ol
 - F propanal

- 15 Wat is een juiste methode om te onderzoeken of een monster natriumcarbonaat verontreinigd is met natriumsulfaat?
- Methode I: Los wat van het monster op, voeg overmaat zoutzuur toe, verwarm de oplossing en voeg ten slotte een oplossing van bariumnitraat toe.
- Methode II: Los wat van het monster op, voeg overmaat zwavelzuuroplossing toe, verwarm de oplossing en voeg ten slotte een oplossing van bariumnitraat toe.
- A geen van beide methoden is juist
B alleen methode I is juist
C alleen methode II is juist
D beide methoden zijn juist

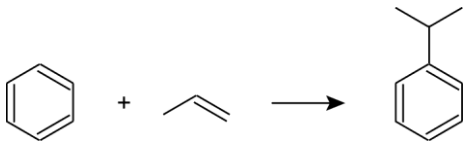
Rekenen

- 16 Aan 100 g natronloog, met 50,0 massaprocent NaOH, wordt zoveel van een zwavelzuuroplossing toegevoegd dat een neutrale oplossing ontstaat. Daarna wordt de oplossing afgekoeld. De gehele oplossing wordt tijdens het afkoelen omgezet tot de vaste stof met formule $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Hierbij treedt geen verdamping op. Hoeveel gram zwavelzuuroplossing werd gebruikt?
- A 61,3 g
B 101 g
C 124 g
D 151 g
E 174 g
- 17 Het sap van de esdoorn bestaat voor 3,0 massaprocent uit sucrose. Sucrose is het disacharide van glucose en fructose. De dichtheid van esdoornsap is $1,01 \text{ g mL}^{-1}$. Wat is de molariteit van sucrose in esdoornsap?
- A $8,4 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$
B $8,9 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$
C $8,4 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$
D $8,9 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$
- 18 Het blauwe mineraal azuriet heeft de formule $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ ($M = 345 \text{ g mol}^{-1}$). Bij verhitting ontleedt dit mineraal tot koper(II)oxide, water en koolstofdioxide. Hoeveel gram koper(II)oxide ontstaat er wanneer 50,0 g azuriet volledig wordt ontleedt?
- A 11,5 g
B 20,7 g
C 31,1 g
D 34,6 g

Thermochemie en Groene chemie

Gebruik onderstaande informatie voor de beantwoording van de vragen 19 en 20.

Dow Chemical (Terneuzen, NL), waar dit jaar de eindronde van de Nationale Scheikundeolympiade zal worden gehouden, is één van de grootste producenten van cumeen (systematische naam: (1-methylethyl)benzeen). Cumeen is een grondstof voor onder andere kunststoffen en fenol. Cumeen wordt industrieel bereid uit de reactie van benzeen met propeen:



- 19 De reactiewarmte van deze synthese bedraagt -107 kJ mol^{-1} .
Gegeven: de vormingswarmte van benzeen is $+49 \text{ kJ mol}^{-1}$ en de vormingswarmte van propeen is $+20 \text{ kJ mol}^{-1}$.
Wat is de vormingswarmte van cumeen?
- A -178 kJ mol^{-1}
B -107 kJ mol^{-1}
C -38 kJ mol^{-1}
D $+38 \text{ kJ mol}^{-1}$
E $+178 \text{ kJ mol}^{-1}$
- 20 Om bij de productie van cumeen de vorming van bijproducten zoals di-(1-methylethyl)benzeen tegen te gaan, wordt een overmaat benzeen gebruikt, waarbij het niet-gereageerde benzeen wordt teruggewonnen.
Welke uitspraak over de atoomeconomie en de *E*-factor is juist voor het gebruik van een overmaat benzeen vergeleken met een equimolaire verhouding benzeen : propeen?
Equimolair betekent dat de molverhouding benzeen : propeen gelijk is aan 1 : 1.
- | atoomeconomie | <i>E</i> -factor |
|-----------------|------------------|
| A wordt kleiner | wordt kleiner |
| B wordt kleiner | blijft gelijk |
| C wordt kleiner | wordt groter |
| D blijft gelijk | wordt kleiner |
| E blijft gelijk | blijft gelijk |
| F blijft gelijk | wordt groter |
| G wordt groter | wordt kleiner |
| H wordt groter | blijft gelijk |
| I wordt groter | wordt groter |

Open opgaven

(totaal 36 punten)

■ Opgave 2 Nitraat in grondwater

(16 punten)

In dierlijke mest komt onder andere nitraat voor. Bij overbemesting kan het nitraat in het grondwater terechtkomen. Dit leidt tot aantasting van de kwaliteit van het drinkwater dat uit dit grondwater wordt bereid. Op een aantal plaatsen is de maximum toegestane concentratie van 50 mg nitraat per liter grondwater reeds overschreden.

Om te bepalen hoeveel nitraat in grondwater voorkomt, wordt al het nitraat eerst omgezet tot ammoniak. Dit kan met behulp van aluminium in basisch milieu. Het aluminium wordt hierbij omgezet tot aluminaat, AlO_2^- .

- 1 Geef van deze omzetting de vergelijkingen van beide halfreacties en leid daaruit de vergelijking van de totale reactie af. In de vergelijking van beide halfreacties komen onder andere OH^- en H_2O voor. 5

De reactie van aluminium met nitraat wordt uitgevoerd in een destilleerkolf. Alle ontstane ammoniak wordt, door de vloeistof te koken, verwijderd en opgevangen in een kolf waarin zich zoutzuur bevindt.

Men voert het hierboven beschreven onderzoek uit met 3,00 liter grondwater. Alle ammoniak wordt opgevangen in een kolf met 35,0 mL 0,202 M zoutzuur. Vervolgens wordt de inhoud van de kolf getitreerd met natronloog. Deze titratie wordt zodanig uitgevoerd dat bij het eindpunt de overmaat zoutzuur is geneutraliseerd, maar het aanwezige ammonium nauwelijks is omgezet.

Om dit te bereiken wordt methylrood als indicator gebruikt. De titratie is dan beëindigd als de $\text{pH} = 6,2$.

- 2 Laat met behulp van een berekening zien dat bij $\text{pH} = 6,2$ het ammonium nauwelijks is omgezet. 3

Voor de titratie blijkt 26,5 mL 0,195 M natronloog nodig te zijn.

- 3 Ga door middel van een berekening na of het grondwater aan de bovenvermelde kwaliteitsnorm voldoet. 4

Als de beschreven methode wordt toegepast op grondwater dat behalve nitraat ook ammonium bevat, wordt een onjuist nitraatgehalte gevonden.

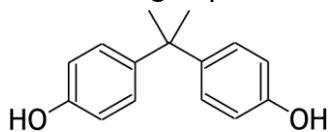
In dat geval kan de bovenbeschreven methode zodanig worden aangepast dat zowel het nitraatgehalte als het ammoniumgehalte afzonderlijk kunnen worden bepaald.

- 4 Beschrijf globaal op welke wijze de bovenbeschreven methode kan worden aangepast en geef aan hoe uit het resultaat van de aangepaste methode het nitraatgehalte en het ammoniumgehalte kunnen worden bepaald. Let op: je hoeft geen berekening te geven. 4

Opgave 3 Bisfenol A

(20 punten)

Bisfenol is de verzamelnaam voor een groot aantal verbindingen, waarvan de moleculen twee fenolgroepen bevatten. Het bekendste bisfenol is bisfenol A, vaak afgekort met BPA:

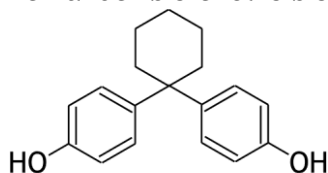


BPA

BPA wordt gemaakt door fenol (benzenol) en aceton (propanon) met elkaar te laten reageren. Behalve BPA ontstaat in deze reactie één andere stof.

- 5 Geef de reactievergelijking voor deze vorming van BPA. Gebruik structuurformules voor de organische stoffen. 4

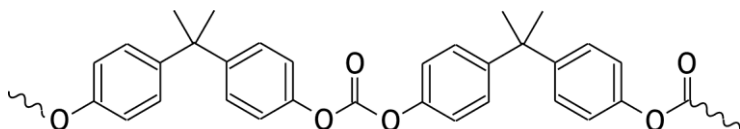
Een ander bisfenol is bisfenol Z, BPZ:



BPZ

- 6 Geef de structuurformule van de stof die men met fenol moet laten reageren om BPZ te verkrijgen. 2

BPA wordt als beginstof gebruikt voor de productie van bepaalde polymeren. Hieronder staat de structuurformule van een gedeelte uit het midden van een molecuul van één zo'n polymeer.



Polymeren kunnen op verschillende manieren worden aangeduid. Zo onderscheidt men copolymeren en niet-copolymeren, en ook thermoplasten en thermoharders.

- 7 Tot welk(e) bovengenoemde type(n) polymeren behoort het bovenstaande polymeer? Geef een verklaring voor je antwoord. 4

Polymeren van BPA worden vaak gebruikt in verpakkingen van voedsel. Bij het verwarmen van dit soort verpakkingen, bijvoorbeeld het steriliseren van babyflesjes of het opwarmen van kant-en-klaarmaaltijden in de magnetron, kan BPA vrijkomen door hydrolyse van de esterbindingen in het polymeer. Dit kan ook gebeuren door contact met basische voedingsmiddelen of reinigingsmiddelen.

- 8 Geef de formule van het soort deeltjes dat, behalve BPA moleculen, ook ontstaat bij de volledige hydrolyse van bovenstaand polymeer in basisch milieu. 2

Omdat de polymeren van BPA op zeer grote schaal worden toegepast, heeft bijna iedereen in de westerse wereld BPA in het lichaam. Omdat BPA geclassificeerd is als irriterend en toxisch, kan dit schadelijke gevolgen hebben voor de gezondheid.

BPA komt ook in oppervlaktewater en drinkwater voor. Bij een bepaling van het BPA gehalte in drinkwater wordt gebruikgemaakt van het feit dat BPA beter oplost in dichloormethaan dan in water. Tevens wordt gebruikgemaakt van BPA-d16 als referentiestof. In de moleculen van BPA-d16 hebben alle zestien waterstofatomen het massagetal 2. Zulke waterstofatomen worden deuteriumatomen genoemd. Bij zo'n bepaling gaat men als volgt te werk.

1. Aan 500 mL drinkwater, waar BPA in voorkomt, wordt een extra hoeveelheid toegevoegd van 5,0 μL van een oplossing die 1,0 μg BPA per mL bevat.
2. Vervolgens wordt hierin 15 g NaCl opgelost en wordt de pH met behulp van fosforzuur op 4,0 gebracht.
3. De zure oplossing wordt dan met 30 mL dichloormethaan geëxtraheerd, waarna de dichloormethaanlaag wordt gescheiden van de waterige laag.
4. Deze extractie wordt twee maal herhaald.
5. Vervolgens worden de drie dichloormethaanfracties samengevoegd en ingedampt tot een volume van ongeveer 5 mL.
6. Hieraan wordt als referentiestof 7,0 μL van een oplossing toegevoegd die 1,0 μg BPA-d16 per mL bevat.
7. Van de oplossing die dan is ontstaan, wordt een klein beetje in een gaschromatograaf geïnjecteerd. In het verkregen chromatogram (chromatogram 1) worden de piekoppervlakten van BPA en van BPA-d16 bepaald.
8. De stappen 1 t/m 7 worden ook uitgevoerd met zuiver water. Ook in het dan verkregen chromatogram (chromatogram 2) worden de piekoppervlakten van BPA en van BPA-d16 bepaald.

Bij een onderzoek aan drinkwater zijn de volgende waarden gevonden (de oppervlakten zijn in arbitraire eenheden gegeven):

	piekoppervlakte BPA	piekoppervlakte BPA-d16
chromatogram 1 (drinkwater)	235	5987
chromatogram 2 (zuiver water)	25	1873

- 9 Bereken het BPA gehalte in het onderzochte drinkwater in ng L^{-1} . Ga er in je berekening vanuit dat alle BPA en BPA-d16 bij de extracties in het dichloormethaan terecht is gekomen.

6

Een aantal studenten bespreekt deze bepaling van BPA. Joris vindt dat de stappen 5 en 7 nogal onnauwkeurig zijn. Hij denkt dat de uitkomst van de bepaling nauwkeuriger zal zijn wanneer bij stap 5 het volume van de verzamelde dichloormethaanfracties op precies 5,00 mL wordt gebracht en dat bij stap 7 niet 'een klein beetje' van de oplossing wordt geïnjecteerd maar een hoeveelheid met een bekend volume, bijvoorbeeld 20 μL . Jorinde zegt dat er geen BPA-d16 hoeft te worden gebruikt wanneer de bepaling wordt uitgevoerd zoals Joris voorstelt.

- 10 Heeft het invloed op de nauwkeurigheid van de uitkomst van de bepaling wanneer je die uitvoert zoals Joris voorstelt, en klopt het dat je dan ook geen BPA-d16 hoeft te gebruiken? Neem onderstaande zinnen over en maak daarin de juiste keuze uit de cursieve woorden.
- De uitkomst van de bepaling *wordt nauwkeuriger / is even nauwkeurig / wordt onnauwkeuriger*.
 - BPA-d16 is *wel/niet* nodig wanneer de bepaling wordt uitgevoerd zoals Joris voorstelt.

2

43^e Nationale Scheikundeolympiade 2022 voorronde 1
Antwoordblad meerkeuzevragen

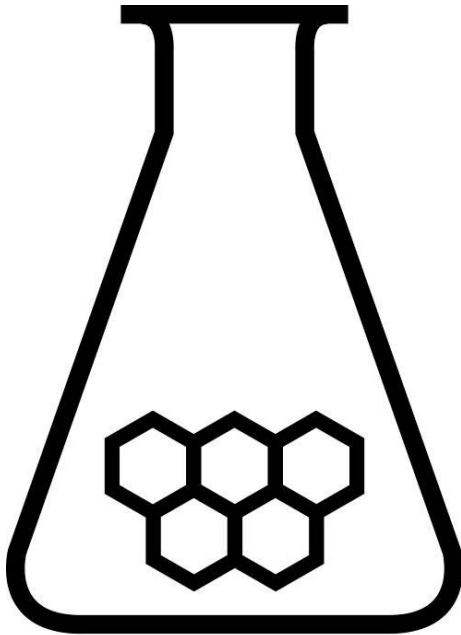
naam:

nr.	keuze letter	(score)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
Totaal		

NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2022

OPGAVEN VOORRONDE 2

af te nemen in de periode van
28 maart tot en met 1 april 2022



SCHEIKUNDE OLYMPIADE



- Deze voorronde bestaat uit 20 meerkeuzevragen verdeeld over 8 onderwerpen en 3 opgaven met in totaal 16 open vragen alsmede een antwoordblad voor de meerkeuzevragen.
- Gebruik voor de beantwoording van de meerkeuzevragen het antwoordblad.
- Gebruik voor de beantwoording van elke opgave met open vragen een apart antwoordvel, voorzien van naam.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 95 punten.
- De voorronde duurt maximaal 3 klokuren.
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 6^e druk of ScienceData 1^e druk.
- Bij elke vraag is het aantal punten vermeld dat een juist antwoord op die vraag oplevert.
- Tenzij anders is vermeld, is er sprake van standaardomstandigheden: $T = 298 \text{ K}$ en $p = p_0$.

Opgave 1 Meerkeuzevragen

(totaal 40 punten)

Schrijf bij elke vraag je antwoord (letter) op het antwoordblad. Dit antwoordblad vind je aan het eind van dit opgavenboekje.

Normering: 2 punten per juist antwoord.

Koolstofchemie

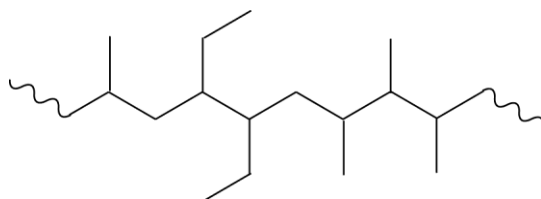
- 1 Hoeveel σ -bindingen en hoeveel π -bindingen heeft een molecuul ethenon, $\text{H}_2\text{C} = \text{C} = \text{O}$?

	aantal σ -bindingen	aantal π -bindingen
A	2	2
B	2	4
C	3	3
D	4	2
E	4	4

- 2 Hoeveel monobroomsubstitutieproducten kunnen ontstaan als 2-methyl-3-ethylpentaan met broom reageert? Houd rekening met stereo-isomerie.

- A 5
- B 6
- C 7
- D 8
- E 9
- F 10

- 3 Hieronder staat een fragment uit het midden van een molecuul van een additiepolymeer afgebeeld.

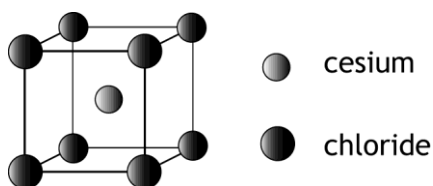


Uit hoeveel soorten monomeren is dit fragment samengesteld? Houd geen rekening met stereo-isomerie.

- A 2
- B 3
- C 4
- D 5

Structuren en formules

- 4 De eenheidscel van cesiumchloride is een lichaamsgecentreerde kubus. Zie onderstaande figuur.



De dichtheid van cesiumchloride is $3,99 \text{ g cm}^{-3}$.

Hoe groot is de kleinste afstand tussen de kernen van twee chloride-ionen?

- A $8,37 \cdot 10^{-14} \text{ m}$
B $1,32 \cdot 10^{-13} \text{ m}$
C $4,12 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
D $5,58 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
- 5 Het ethenolaation heeft de volgende structuurformule: $\text{H}_2\text{C} = \text{CH} - \text{O}^-$
Van dit ion kun je verschillende mesomere structuren tekenen.
Welke bewering(en) over het ethenolaation is/zijn juist?
- I De bindingshoek CCO is 180° .
II De 1-lading is verdeeld over de twee C atomen en het O atoom.
- A geen van beide
B alleen I
C alleen II
D beide
- 6 Hoeveel p -orbitalen zijn volledig gevuld in een Cl atoom in de grondtoestand?
- A 2
B 3
C 4
D 5
E 6
- 7 Welke set quantumgetallen n , l , m_l , m_s kan **niet** corresponderen met één van de elektronen in een Co atoom in de grondtoestand?

	n	l	m_l	m_s
A	2	1	0	$-\frac{1}{2}$
B	3	1	-1	$+\frac{1}{2}$
C	3	2	-1	$-\frac{1}{2}$
D	3	2	0	$+\frac{1}{2}$
E	4	0	0	$-\frac{1}{2}$
F	4	1	1	$+\frac{1}{2}$

Thermochemie

- 8 De bindingshoeken tussen de C – C bindingen in een molecuul cyclopropaan (C_3H_6) zijn kleiner dan in een molecuul cyclohexaan (C_6H_{12}). Daardoor heerst in een molecuul cyclopropaan een zogenoemde ringspanning en in een molecuul cyclohexaan niet. Deze ringspanning betekent dat de energie-inhoud van cyclopropaan groter is dan wanneer de bindingshoeken van de C – C bindingen in een molecuul cyclopropaan (C_3H_6) gelijk zouden zijn aan die in een molecuul cyclohexaan (C_6H_{12}). Uit de verbrandingsenthalpieën van cyclopropaan (g) en van cyclohexaan (g) is de extra energie-inhoud door de aanwezigheid van de ringspanning te berekenen.

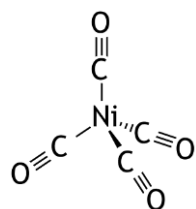
Gegevens:

$\Delta H_{\text{verbranding, cyclopropaan (g)}} = -697$ kJ per mol CH_2 eenheden en

$\Delta H_{\text{verbranding, cyclohexaan (g)}} = -659$ kJ per mol CH_2 eenheden.

Wat is de absolute waarde van de extra energie-inhoud van cyclopropaan door de aanwezigheid van de ringspanning?

- A 38 kJ per mol cyclopropaan
B 76 kJ per mol cyclopropaan
C $1,1 \cdot 10^2$ kJ per mol cyclopropaan
D $2,3 \cdot 10^2$ kJ per mol cyclopropaan
- 9 Een belangrijk tussenproduct in de industriële bereiding van nikkel is het gas nikkeltetracarbonyl, $Ni(CO)_4$. De structuur van nikkeltetracarbonyl is:



Hoe groot is de gemiddelde bindingsenergie (de energie die vrijkomt bij de vorming van een mol bindingen) van de Ni – CO binding in $Ni(CO)_4$?

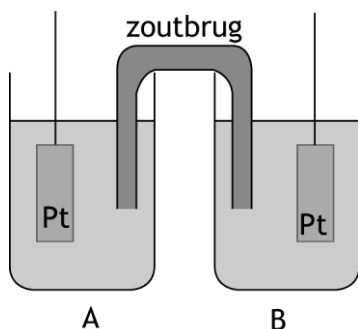
Gegevens: $\Delta_f H_{CO(g)} = -110,5$ kJ mol $^{-1}$, $\Delta_f H_{Ni(CO)_4(g)} = -607$ kJ mol $^{-1}$ en

$\Delta_f H_{Ni(g)} = +430$ kJ mol $^{-1}$.

- A -619 kJ mol $^{-1}$
B -595 kJ mol $^{-1}$
C -265 kJ mol $^{-1}$
D -155 kJ mol $^{-1}$
E -149 kJ mol $^{-1}$
F $-66,3$ kJ mol $^{-1}$

Redox en elektrochemie

- 10 In de hieronder afgebeelde elektrochemische cel bevinden zich in halfcel A zowel als in halfcel B oplossingen van kaliumpermanganaat, mangaan(II)sulfaat en zwavelzuur. In beide halfcellen zijn $[\text{MnO}_4^-]$ en $[\text{Mn}^{2+}]$ aan elkaar gelijk. In halfcel A is $\text{pH} = 0,00$ en in halfcel B is $\text{pH} = 5,00$.

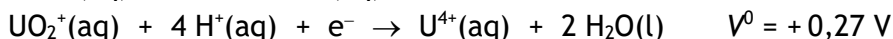


Hoe groot is de bronspanning, bij 298 K, van deze elektrochemische cel?

- A 0,01 V
B 0,09 V
C 0,47 V
D 2,36 V
E Dat is niet uit te rekenen, want $[\text{MnO}_4^-]$ en $[\text{Mn}^{2+}]$ zijn niet bekend.
- 11 Hoe groot is de evenwichtsconstante bij 298 K van het volgende evenwicht?



Gegevens:



- A $1,9 \cdot 10^{-4}$
B $1,3 \cdot 10^{-2}$
C $7,3 \cdot 10^1$
D $5,3 \cdot 10^3$

pH / zuur-base

- 12 De volgende drie bufferoplossingen worden gemaakt door samenvoegen van de genoemde oplossingen:

I 1,0 L 1,0 M NaH_2PO_4 oplossing + 1,0 L 0,50 M Na_2HPO_4 oplossing

II 1,0 L 1,0 M NaH_2PO_4 oplossing + 1,0 L 0,50 M NaOH oplossing

III 1,0 L 1,0 M Na_2HPO_4 oplossing + 1,0 L 0,50 M HCl oplossing

Welke bufferoplossingen hebben dezelfde pH?

- A geen van drieën
B alleen I en II
C alleen I en III
D alleen II en III
E I, II en III

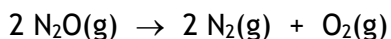
- 13 Een bepaald volume van een oplossing van azijnzuur (ethaanzuur) met $\text{pH} = 2,88$ wordt gemengd met een even groot volume van een oplossing van azijnzuur met $\text{pH} = 2,38$.
Wat is de pH , bij 298 K, van de resulterende oplossing?
- A 2,36
 - B 2,42
 - C 2,51
 - D 2,56
 - E 2,63

Rekenen

- 14 Van een legering van ijzer en chroom in de massaverhouding $\text{Fe} : \text{Cr} = 3,00 : 2,00$ wordt 7,00 g overgoten met overmaat verdund zoutzuur.
Hoeveel dm^3 waterstof, bij 298 K en $p = p_0$, ontstaat?
- A 3,16
 - B 3,49
 - C 3,82
 - D 4,08
 - E 4,74
 - F 5,80
 - G 9,48
- 15 Een gasvormige verbinding van koolstof en fluor heeft bij 23 °C en $p = p_0$ een dichtheid van $6,17 \text{ g dm}^{-3}$.
Wat is de formule van deze verbinding?
- A C_3F_6
 - B C_3F_8
 - C C_4F_6
 - D C_4F_8
- 16 In een verzadigde oplossing van calciumhydroxide, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, geldt de volgende betrekking:
 $[\text{Ca}^{2+}][\text{OH}^-]^2 = 5,0 \cdot 10^{-6}$
Hoe groot is $[\text{Ca}^{2+}]$ in een verzadigde oplossing van calciumhydroxide?
- A $1,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$
 - B $2,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$
 - C $1,1 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$
 - D $1,4 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$
 - E $1,7 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$
 - F $2,2 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$

Reactiesnelheid en evenwicht

- 17 Distikstofmonoöxide ontleedt bij 1000 K onder vorming van stikstof en zuurstof:



Dit is een eerste orde reactie. De reactiesnelheidsconstante bij 1000 K is $k = 0,38 \text{ s}^{-1}$.

Men liet in een reactor met een vast volume bij 1000 K distikstofmonoöxide ontleden. De druk in de reactor aan het begin van het experiment was 2,3 atm.

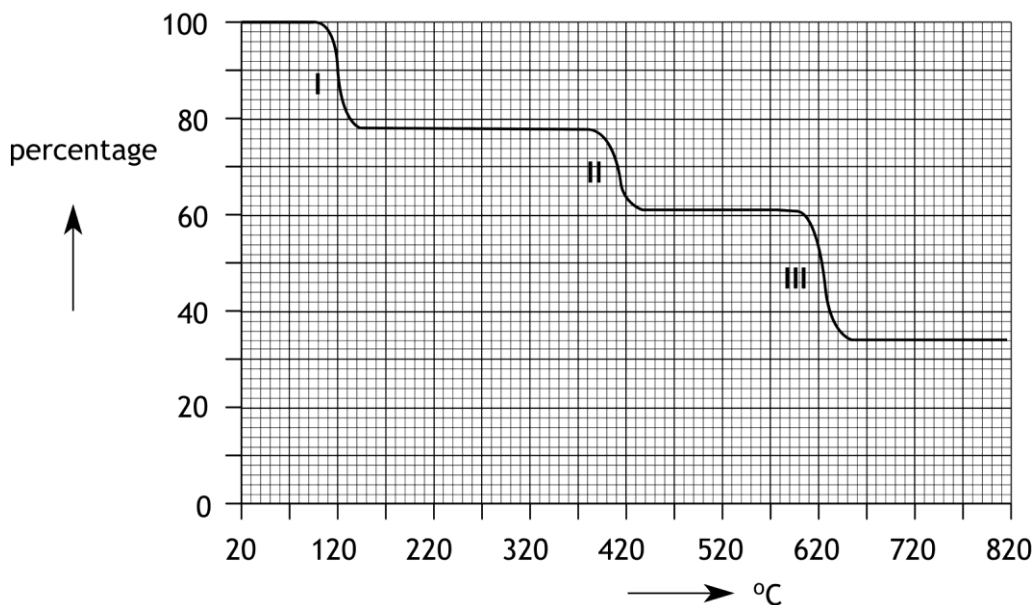
Na hoeveel seconden was de druk gelijk aan 3,0 atm?

- A 0,96 s
 - B 1,3 s
 - C 2,5 s
 - D 3,1 s
- 18 In welk van onderstaande gevallen kan een reactie leiden tot een evenwicht?
- I $\Delta_r S > 0$ en $\Delta_r H > 0$
 - II $\Delta_r S < 0$ en $\Delta_r H < 0$
- A in geen van beide gevallen
 - B alleen in geval I
 - C alleen in geval II
 - D in beide gevallen

Analyse

- 19 Thermogravimetrie is een analysemethode waarbij een monster van een stof wordt verhit en ontleding plaatsvindt. Uit de massaverandering die daarbij optreedt, kan worden afgeleid welke stoffen bij die ontleding ontstaan.

Hieronder staat een diagram dat is verkregen bij de thermogravimetrische analyse van $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

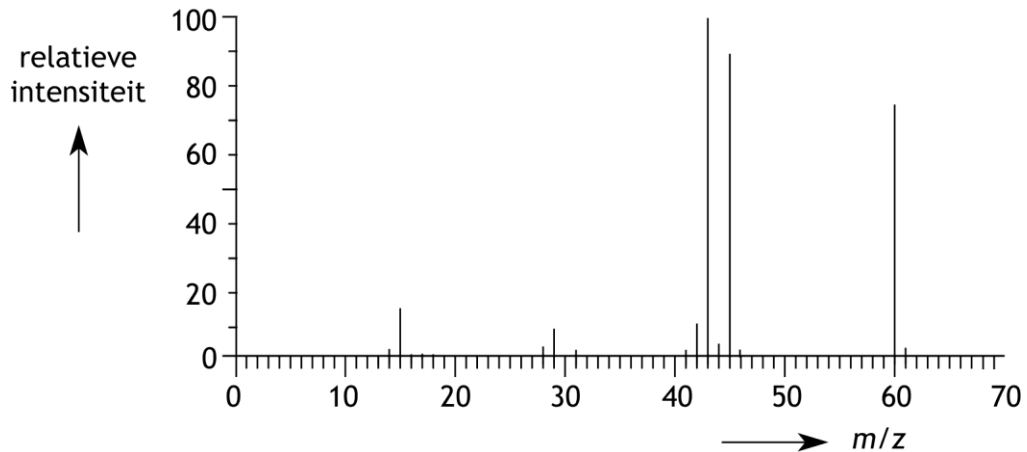


Op de verticale as staat de procentuele massa van het monster uitgezet en op de horizontale as de temperatuur.

Welke stof ontwijkt uit het monster bij de massaveranderingen aangegeven met I, II en III?

	bij I	bij II	bij III
A	$\text{CO}(\text{g})$	$\text{CO}_2(\text{g})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
B	$\text{CO}(\text{g})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	$\text{CO}_2(\text{g})$
C	$\text{CO}_2(\text{g})$	$\text{CO}(\text{g})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
D	$\text{CO}_2(\text{g})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	$\text{CO}(\text{g})$
E	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	$\text{CO}(\text{g})$	$\text{CO}_2(\text{g})$
F	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	$\text{CO}_2(\text{g})$	$\text{CO}(\text{g})$

20 Hieronder staat het massaspectrum van azijnzuur (ethaanzuur).



Dit azijnzuur wordt opgelost in zwaar water, $^2\text{H}_2\text{O}$. Er stelt zich een evenwicht in. Daarna wordt door destillatie het water verwijderd. Van het overgebleven azijnzuur wordt een massaspectrum opgenomen.

Welk(e) verschil(len) met bovenstaand massaspectrum zal (zullen) in dit nieuwe massaspectrum te zien zijn?

- I Er is (ook) een grote piek bij $m/z = 44$.
- II Er is (ook) een grote piek bij $m/z = 46$.
- III Er is (ook) een grote piek bij $m/z = 61$.

- A geen van drieën
- B alleen I
- C alleen II
- D alleen III
- E alleen I en II
- F alleen I en III
- G alleen II en III
- H I, II en III

■ Opgave 2 Glucosebepaling

(18 punten)

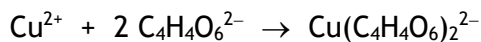
Een veel gebruikte methode om aldehyden (alkanalen) aan te tonen, is die met behulp van Fehlingsreagens. Het werkzame bestanddeel hiervan is Cu^{2+} .

Omdat glucose in de open ketenstructuur een aldehydegroep in het molecuul bezit, reageert glucose met Fehlingsreagens. De aldehydegroep in het glucosemolecuul wordt daarbij omgezet tot een carboxylaatgroep. Het Cu^{2+} wordt omgezet tot Cu_2O , een 'steenrood' neerslag.

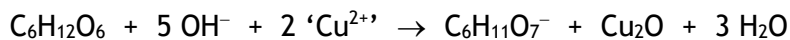
De reactie wordt uitgevoerd in basisch milieu. Om te verhinderen dat in dat milieu koper(II)hydroxide neerslaat, wordt het Cu^{2+} eerst omgezet tot een diepblauw oplosbaar complex van koper(II)ditartraat.

Fehlingsreagens wordt bereid uit twee oplossingen: Fehling A en Fehling B; er wordt overmaat Fehling B gebruikt.

Fehling A is een oplossing van koper(II)sulfaat en Fehling B is een oplossing van kaliumnatriumtartraat ($\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6$) en natriumhydroxide. Bij samenvoegen van Fehling A en Fehling B treedt de volgende reactie op:



De vergelijking van de reactie die optreedt als Fehlingsreagens met glucose reageert, is als volgt (hierin is het complexe koperion als ' Cu^{2+} ' weergegeven):



Dit is een redoxreactie.

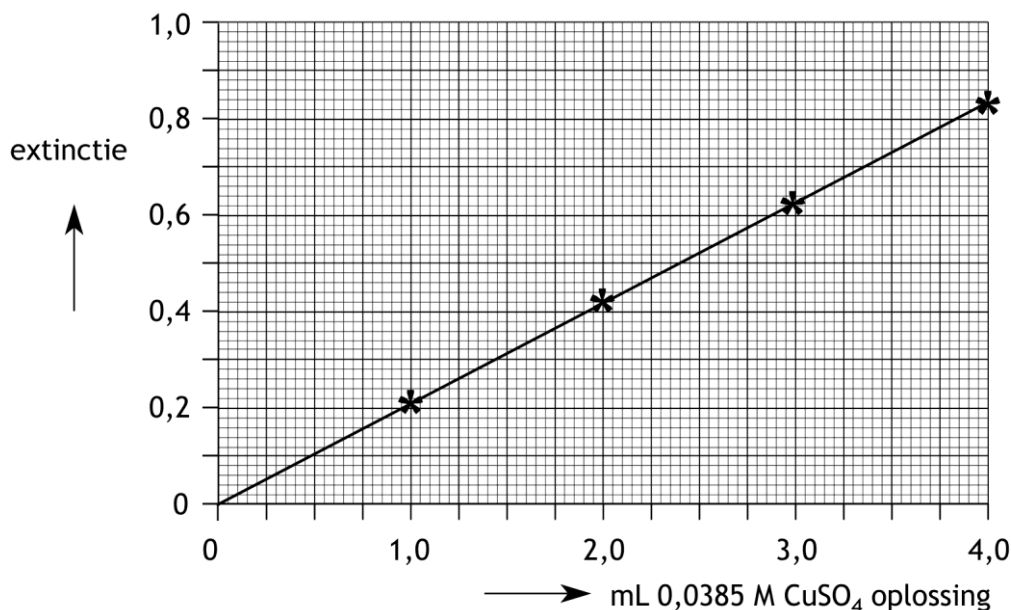
- 1 Geef van beide halfreacties van deze redoxreactie de vergelijking. Gebruik ook de notatie ' Cu^{2+} ' voor het complexe koperion.

4

Irene wil Fehlingsreagens gebruiken om door middel van een titratie het gehalte aan glucose in dextrosetabletten te bepalen. Omdat de $[\text{Cu}^{2+}]$ in het verstrekte Fehling A niet bekend is, moest zij die eerst bepalen. Dat heeft ze colorimetrisch gedaan.

Ze heeft, uitgaande van een 0,0385 M standaardoplossing van koper(II)sulfaat een ijkreeks van oplossingen met een bekende $[\text{Cu}^{2+}]$ gemaakt en daarvan de extincties gemeten. De ijkreeks bestaat uit vier oplossingen die achtereenvolgens 1,00 mL, 2,00 mL, 3,00 mL en 4,00 mL van de standaardoplossing bevatten. Elk van deze oplossingen is met gedestilleerd water aangevuld tot een volume van 10,00 mL.

De gemeten extincties heeft ze uitgezet in een diagram, waarbij ze de volgende ijklijn heeft verkregen (zie volgende pagina).



Daarna heeft ze 10,0 μL Fehling A genomen, dit met water verdund tot 1,50 mL en hiervan de extinctie gemeten. Deze bedroeg 0,48.

- 2 Bereken $[\text{Cu}^{2+}]$ in het Fehling A.

5

Voorafgaand aan het uitvoeren van de titratie heeft ze aan het Fehling A een overmaat Fehling B toegevoegd en het ontstane Fehlingsreagens met water verdund tot de molariteit van het $\text{Cu}(\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6)^{2-}$ gelijk was aan $0,123 \text{ mol L}^{-1}$. Van dit Fehlingsreagens heeft ze 70,0 mL overgebracht in een erlenmeyer.

Daarna heeft ze een dextrosetablet van 2,52 g fijngemalen en opgelost in gedestilleerd water tot een volume van 40,0 mL. Met deze oplossing heeft ze de 70,0 mL van haar Fehlingsreagens getitreerd. Als indicator heeft ze methyleenblauw gebruikt. Als alle ' Cu^{2+} ' heeft gereageerd, verandert de kleur van de indicator van blauw naar kleurloos doordat de glucose dan reageert met het methyleenblauw. Het eindpunt van de titratie was bereikt na het toevoegen van 13,05 mL van de oplossing van het dextrosetablet.

- 3 Bereken het massapercentage glucose in het onderzochte dextrosetablet.

6

Bij nader inzien vond Irene dat het niet nodig was om eerst de molariteit van het Fehling A te bepalen.

- 4 Leg uit of je het met Irene eens bent.

1

Volgens Suzanne is het helemaal niet nodig om het gehalte van het Fehlingsreagens te weten. Zij heeft twee titraties uitgevoerd. In de eerste titratie heeft ze een bepaalde hoeveelheid Fehlingsreagens getitreerd met een standaardglucose-oplossing waarvan de glucoseconcentratie, c_{st} , bekend was. Daarvan was v_{st} mL nodig. Vervolgens titreerde ze een zelfde hoeveelheid Fehlingsreagens met de oplossing van het dextrosetablet. Daarvan was v_{d} mL nodig.

- 5 Geef een formule waarmee je met behulp van de beide titratieresultaten de glucoseconcentratie, c_{d} , in de oplossing van het dextrosetablet kunt berekenen.

2

Opgave 3 Het Mondproces

(15 punten)

Nikkel wordt onder andere verkregen uit het erts pentlandiet. Pentlandiet kan worden weergegeven met de formule $\text{Fe}_4\text{Ni}_5\text{S}_8$. Bij de industriële bereiding van nikkel uit pentlandiet wordt het pentlandiet eerst door reactie met zuurstof omgezet tot nikkel(II)oxide. Tevens ontstaan ijzer(III)oxide en zwaveldioxide.

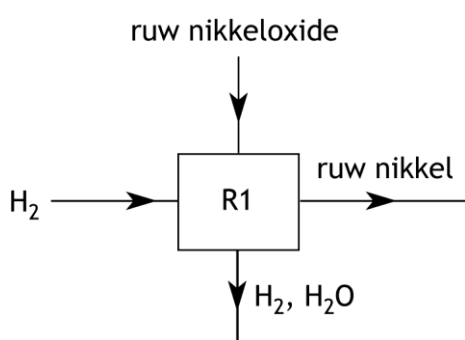
- 6 Geef de vergelijking van deze reactie.

3

Voor de industriële bereiding van zeer zuiver nikkel wordt het Mondproces gebruikt. Hieronder volgt een beschrijving van dit continuproces.

- Het mengsel van vaste stoffen dat bij de reactie van pentlandiet met zuurstof is ontstaan, laat men bij een temperatuur van 473 K in een reactor (R1) met waterstof reageren. Er wordt overmaat waterstof gebruikt. Er ontstaat ruw nikkel. Tevens ontstaat waterdamp. Het ruwe nikkel bevat nog veel verontreinigingen.
- Het gasmengsel van waterdamp en niet-gereageerd waterstof wordt in een scheidingsruimte S afgekoeld.
- Het ruwe nikkel wordt naar een volgende reactor (R2) gebracht. Daar laat men het reageren met koolstofmonoïoxide. In deze reactor is constant overmaat koolstofmonoïoxide aanwezig. De temperatuur in deze reactor is 330 K. Alle nikkel wordt in deze reactor omgezet tot nikkeltetracarbonyl, een gas met formule $\text{Ni}(\text{CO})_4$. Alleen het nikkel uit het ruwe nikkel reageert met koolstofmonoïoxide. De overige vaste bestanddelen worden als afval afgevoerd.
- Het nikkeltetracarbonyl en de overmaat koolstofmonoïoxide worden naar een derde reactor (R3) geleid. Daar wordt bij een temperatuur van 500 K alle nikkeltetracarbonyl omgezet tot nikkel en koolstofmonoïoxide. Het ontstane nikkel is zeer zuiver.

Een onvolledig blokschema voor dit proces is hieronder weergegeven. Hierin is het mengsel van vaste stoffen dat bij de reactie van pentlandiet met zuurstof is ontstaan weergegeven met ruw nikkeloxide.



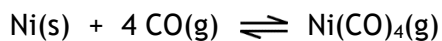
- 7 Neem dit deel van het blokschema over en breid het uit tot een compleet blokschema voor het continuproces na de opstartfase.
- Plaats blokken voor de scheidingsruimte S en de reactoren R2 en R3.
 - Teken de ontbrekende stofstromen; houd daarbij rekening met hergebruik van stoffen.
 - Zet namen of formules bij de ontbrekende stofstromen.

4

- 8 Leg uit door middel van een berekening of bij de temperatuur in reactor R1 ook ijzer kan ontstaan. Ga ervan uit dat gegevens uit Binas of ScienceData onder deze omstandigheden kunnen worden gebruikt.

5

De vorming van nikkeltetracarbonyl is een evenwichtsreactie:



Voor de reactie naar rechts geldt:

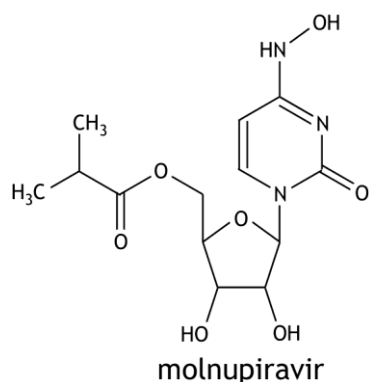
$$\Delta_r H = -165 \text{ kJ mol}^{-1} \text{ en } \Delta_r S = -405 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}.$$

- 9 Laat met behulp van een berekening van de evenwichtsconstante zien dat bovengenoemd evenwicht in reactor R3 uiterst links ligt. Ga ervan uit dat $\Delta_r H$ en $\Delta_r S$ niet afhankelijk zijn van de temperatuur.

3

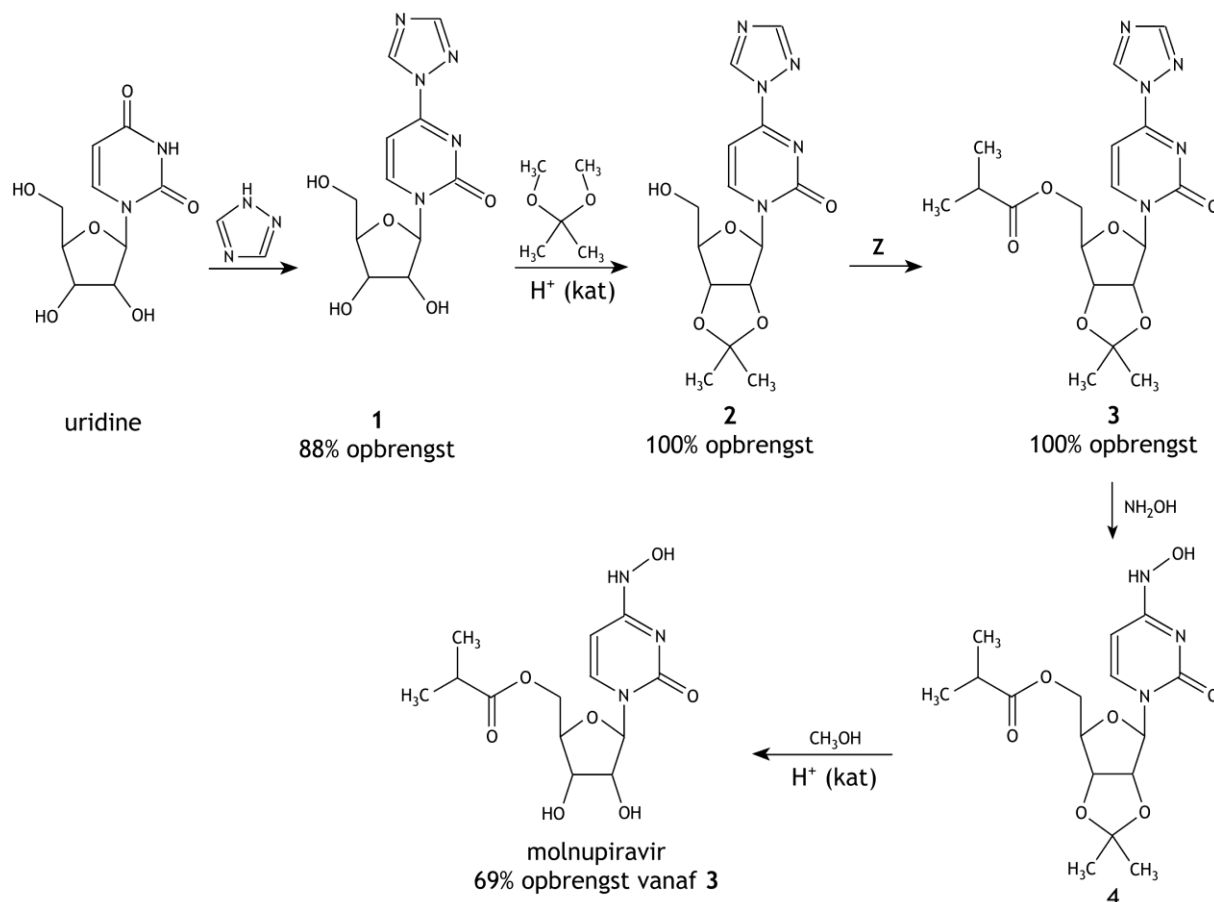
Opgave 4 Molnupiravir

(22 punten)



Molnupiravir is een antiviraal geneesmiddel dat recent is goedgekeurd voor de behandeling van COVID-19. Molnupiravir wordt in pilvorm toegediend in een vroeg stadium van de ziekte.

Een recent ontwikkelde synthese van molnupiravir is hieronder schematisch weergegeven. In deze synthese is uridine de beginstof.



In de eerste stap van de synthese wordt uridine omgezet tot **1**. Deze omzetting is op te vatten als een additiereactie, waarbij tussenproduct **X** wordt gevormd, gevolgd door een elimineringsreactie waarbij uit tussenproduct **X** behalve **1** ook stof **Y** ontstaat.

□10 Geef de structuurformules van **X** en **Y**.

2

Omdat in een molecuul **1** slechts één specifieke OH groep moet worden omgezet tot een estergroep, worden de twee andere OH groepen eerst beschermd door reactie met 2,2-dimethoxypropan. Deze bescherming wordt in de laatste stap van de synthese ongedaan gemaakt.

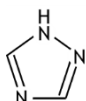
Bij de reactie van **Z** met **2** ontstaat 2-methylpropaanzuur als bijproduct.

□11 Geef de structuurformule van **Z**.

2

De omzetting van **3** tot **4** vindt plaats door reactie met hydroxylamine (NH₂OH).

Bij deze reactie komt de stof met de volgende structuurformule vrij.



□12 Neem de volgende zin over en kies daarin het juiste begrip uit de cursief gedrukte begrippen.

De omzetting van **3** tot **4** is een *elektrofiële/nucleofiele additiereactie/substitutiereactie*.

2

De verwijdering van de beschermende groep in de laatste stap van de synthese, waarin **4** wordt omgezet tot molnupiravir en 2,2-dimethoxypropan, vindt plaats in methanol met zwavelzuur als katalysator.

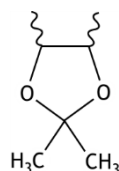
Het mechanisme van deze reactie verloopt als volgt:


1. Eén van de ethergroepen wordt geprotoneerd.
2. Eén van de C–O bindingen wordt verbroken waarbij aan de vijfkring een OH groep ontstaat.
3. Reactie van een methanolmolecuul op de C positie van de verbroken C–O binding.
4. Afsplitsing van H⁺.

En verder: herhaling van 1 tot en met 4 bij de andere ethergroep.

□13 Geef de stappen 1 tot en met 4 van het mechanisme weer in structuurformules:

– Ga uit van het volgende onderdeel van **4**



- Teken alle bindende en niet-bindende elektronenparen.
- Geef met kromme pijlen () aan hoe elektronenparen verschuiven bij het vormen en verbreken van bindingen.
- Zet alle formele ladingen op de juiste positie.

8

Vergeleken met andere syntheses van molnupiravir heeft de bovenstaande synthese een hoge opbrengst.

□14 Bereken hoeveel gram molnupiravir wordt gevormd uit 1,0 g uridine.

Maak hierbij gebruik van:

- de molaire massa van uridine (244,2 g mol⁻¹) en van molnupiravir (329,3 g mol⁻¹);
- de rendementen die in het schema zijn vermeld.

3

De antivirale werking van molnupiravir berust op de verstoring van de reproductie van het virusRNA. Na het binnendringen van een virusdeeltje in een gastheercel komt het virusRNA vrij in de celinhoud en gaat zich reproducieren. Zo wordt meer virusRNA gevormd en kan de vermeerdering van virusdeeltjes plaatsvinden.

In figuur 1 is schematisch weergegeven hoe de reproductie van virusRNA normaal verloopt. De letters geven de bekende nucleïnebasen weer.

figuur 1

virusRNA	(+) streng G C G A C U
	(-) streng C G C U G A
	(+) streng G C G A C U
		enzovoorts

Aan het virusRNA (de (+) streng) wordt een complementaire streng RNA (de (-) streng) gevormd. Beide strengen worden via waterstofbruggen tussen de gebruikelijke basenparen (C–G en A–U) met elkaar verbonden. Na ont koppeling van de strengen wordt aan de (-) streng weer een (+) streng gevormd, enzovoorts.

Wanneer molnupiravir is toegediend, ontstaan bij de reproductie van virusRNA veranderingen, zogenoemde mutaties. Dergelijke mutaties leiden tot de remming van de reproductie en zelfs tot de “dood” van het virus.

Door de inbouw van molnupiravirmonofosfaat in de plaats van cytosinemonofosfaat bij de reproductie kan een mutatie van G naar A ontstaan.

Deze mutatie van G naar A kan als volgt schematisch worden weergegeven; hierin is de basegroep in molnupiravir met M weergegeven:

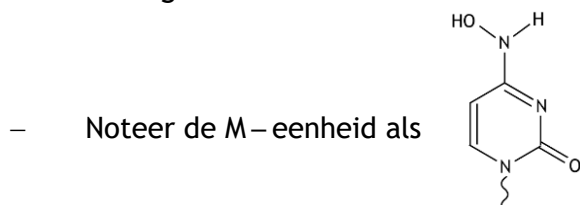
figuur 2

virusRNA	(+) streng G C G A C U
	(-) streng C G M U G A
	(+) streng G C A A C U

Deze mutatie is mogelijk doordat M zowel met guanine (G) als met adenine (A) waterstofbruggen kan vormen.

Een M–eenheid vormt drie waterstofbruggen met G–eenheid.

- 15 Geef weer hoe een G–eenheid is gekoppeld met een M–eenheid.
- Geef hierin de drie waterstofbruggen weer met stippellijntjes (- - - -).
 - Maak gebruik van Binas-tabellen 71 A en B of ScienceData-tabel 16.3.



3

Molnupiravir kan ook mutaties van C naar U in het virusRNA veroorzaken.

- 16 Teken schematisch hoe een mutatie van C naar U kan plaatsvinden bij de reproductie van virusRNA in aanwezigheid van molnupiravir.
- Teken het schema op een wijze die vergelijkbaar is met de figuren 1 en 2.
 - Begin je tekening met: (+) streng C

2

Deze toets is tot stand gekomen dankzij de medewerking van de volgende personen:

Olav Altenburg
Alex Blokhuis
Johan Broens
Martin Groeneveld
Mees Hendriks
Jacob van Hengst
Marijn Jonker
Emiel de Kleijn
Jasper Landman
Bob Lefeber
Marte van der Linden
Piet Mellema
Han Mertens
Geert Schulpen
Paula Teeuwen
Eveline Wijbenga
Amin Zadeh
Emmy Zeetsen

De eindredactie was in handen van:
Kees Beers en Dick Hennink

43^e Nationale Scheikundeolympiade 2022 voorronde 2

Antwoordblad meerkeuzevragen

naam:

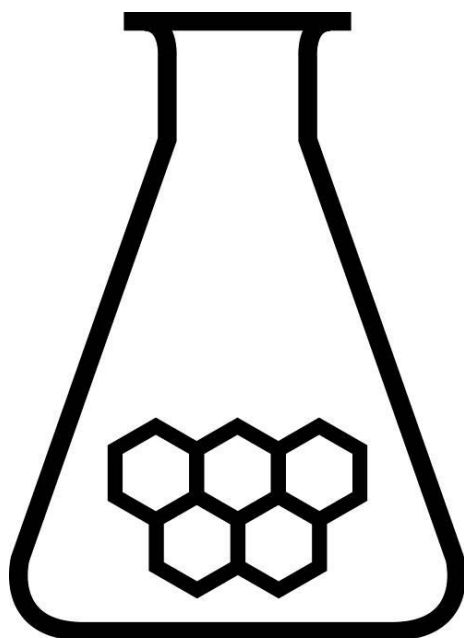
nr.	keuze letter	(score)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
totaal		

43^e Nationale Scheikundeolympiade

Eindronde 2022

Open vragen toets
opgavenboekje

2 juni 2022



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



54th IChO 2022

International Chemistry Olympiad



TIANJIN, CHINA



- Deze toets bestaat uit 6 opgaven met 21 open vragen.
- Gebruik voor elke opgave een apart antwoordblad, voorzien van je naam. Houd aan alle zijden 2 cm als marge aan.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 74 punten.
- De toets duurt maximaal 2,5 klokuren.
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en Binas 6^e druk of ScienceData 1^e druk.
- Bij elke vraag is het aantal punten vermeld dat een juist antwoord op die vraag oplevert.

Deze toets is tot stand gekomen dankzij de medewerking van de volgende personen:

Olav Altenburg
Alex Blokhuis
Johan Broens
Martin Groeneveld
Mees Hendriks
Jacob van Hengst
Thijs Hoevenaars
Marijn Jonker
Emiel de Kleijn
Jasper Landman
Bob Lefeber
Marte van der Linden
Piet Mellema
Han Mertens
Geert Schulpen
Eveline Wijbenga
Benjamin Zadeh
Emmy Zeetsen

De eindredactie was in handen van:
Kees Beers en Dick Hennink

Open opgaven

(totaal 74 punten)

■ Opgave 1 Pyriet

(11 punten)

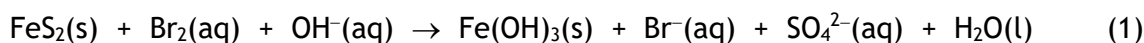
Pyriet is een mineraal met de formule FeS_2 . In de kubische eenheidscel van pyriet zijn de Fe^{2+} ionen vlakgecentreerd geplaatst: ze bevinden zich op de hoekpunten van de kubus en midden op de zijvlakken. De dichtheid van pyriet is $5,01 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$.

- 1 Bereken de kleinste afstand in pm (picometer) tussen de kernen van twee Fe^{2+} ionen in pyriet.

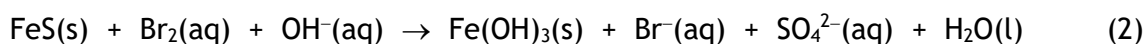
4

Natuurlijk voorkomend pyriet heeft niet exact de formule FeS_2 . Dat komt omdat een deel van de S_2^{2-} ionen is vervangen door S^{2-} ionen. Pyriet is dus een mengsel van FeS_2 en een beetje FeS . De formule van pyriet kan dan met FeS_{2-x} worden weergegeven.

Om te bepalen hoe groot x is in FeS_{2-x} , is een bepaalde hoeveelheid pyriet met een oplossing van broom in kaliloog behandeld. De volgende omzettingen traden op:



en



In bovenstaande onvolledige reactievergelijkingen ontbreken uitsluitend de coëfficiënten.

De vaste bestanddelen werden afgefiltreerd en gegloeid (sterk verhit). Daarbij ontstond 0,2000 g ijzer(III)oxide.

Aan het filtraat werd een overmaat van een bariumchloride-oplossing toegevoegd. Daarbij ontstond 1,1087 g bariumsulfaat.

- 2 Bereken x in FeS_{2-x} .
- 3 Maak van omzetting (1) een kloppende reactievergelijking.

4

3

Opgave 2 Argentometrie met Volhard

(28 punten)

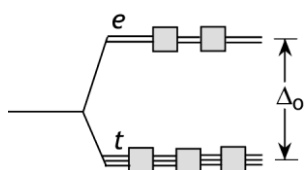
Het gehalte aan zilverionen in een oplossing kan worden bepaald met behulp van de Volhardtitratie. Hierbij wordt een oplossing met Ag^+ , na aanzuren, getitreerd met een oplossing van kaliumthiocyanaat, KSCN . De volgende neerslagreactie treedt dan op:



Als indicator wordt Fe^{3+} gebruikt, dat bij de geringste overmaat aan thiocyanaat een rode kleur aan de oplossing geeft, doordat de volgende reactie optreedt:



Ionen FeSCN^{2+} zijn eigenlijk complexe ionen $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{SCN})^{2+}$. Deze ionen hebben een octaëdrische structuur. De opsplitsing van de d orbitalen in zo'n complex kan als volgt worden weergegeven:



- 4 Leg uit waarom in een octaëdrisch complex twee d orbitalen een hogere energie hebben dan de drie andere d orbitalen. 3

Ionen $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{SCN})^{2+}$ geven aan een oplossing een rode kleur, doordat ze licht met een golflengte van 447 nm absorberen.

- 5 Bereken de ligandveldsplittingsenergie Δ_0 , in J mol^{-1} , voor ionen $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{SCN})^{2+}$. 3
- 6 Neem het bovenstaande opsplitsingsdiagram voor het complex $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{SCN})^{2+}$ over en teken hierin de elektronenconfiguratie van dit complex. Ga ervan uit dat dit een laag spin complex is. 3

In het vervolg van deze opgave wordt $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$ als formule voor het complex gebruikt.

Men heeft vastgesteld dat de rode kleur van het $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$ goed zichtbaar is, wanneer $[\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}] = 6,4 \cdot 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$ is. Met behulp van dit gegeven is te berekenen hoe groot de $[\text{Fe}^{3+}]$ in het equivalentiepunt moet zijn bij een Volhardtitratie.

In het equivalentiepunt van de titratie moet gelden: $[\text{Ag}^+] = [\text{SCN}^-] + [\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}]$.

- 7 Leg dit uit. 3
- 8 Bereken de $[\text{Fe}^{3+}]$ in het equivalentiepunt van de Volhardtitratie. Gebruik gegevens uit je tabellenboek; ga uit van 298 K. 4

Bij een bepaling van de zuiverheid van een monster zilvernitraat heeft men 4,00 g van het monster in een maatkolf met water opgelost tot een volume van 100,0 mL. Hieruit is 10,00 mL gepipetteerd in een erlenmeyer. Na aanzuren van de oplossing werd getitreerd met een 0,0823 M oplossing van KSCN . Na toevoegen van 28,4 mL van deze oplossing was het equivalentiepunt bereikt.

- 9 Bereken het massapercentage AgNO_3 in het onderzochte monster. 4

Meestal wordt, vanwege de kleur van het Fe^{3+} , minder indicator toegevoegd dan uit de berekening van vraag 8 volgt. Maar de toegevoegde hoeveelheid indicator mag niet veel kleiner zijn. Anders wordt een onjuiste uitkomst verkregen.

- 10 Wordt bij de zilvernitraatbepaling een te hoge of te lage uitkomst verkregen, wanneer te weinig indicator zou worden toegevoegd? Geef een verklaring voor je antwoord.

2

De Volhardtitratie is ook te gebruiken om chloridebepalingen uit te voeren. Zo kan deze titratie worden toegepast om van een mengsel dat als hoofdbestanddelen NaCl en Na_2CO_3 bevat, het gehalte aan NaCl te bepalen.

- 11 Beschrijf hoe zo'n bepaling zou moeten worden uitgevoerd. Ga ervan uit dat het mengsel, behalve NaCl en Na_2CO_3 , alleen inerte bestanddelen bevat.

6

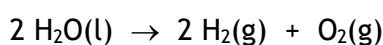
Opgave 3 Productie van waterstof door de ontleding van water (14 punten)

tabel 1 *thermodynamische gegevens bij $T = 298\text{ K}$ en $p = p_0$*

	$\text{H}_2(\text{g})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	$\text{O}_2(\text{g})$
$\Delta_f H^\circ$ (kJ mol ⁻¹)	0	-285,8	-241,8	0
S° (J mol ⁻¹ K ⁻¹)	130,6	69,9	188,7	205,2

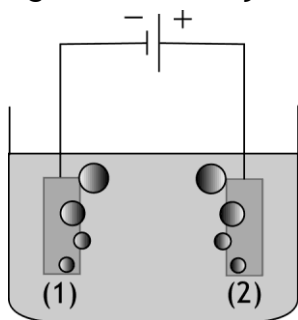
Waterstofgas is een belangrijke kandidaat als alternatief voor fossiele brandstoffen. Het verlagen van de kostprijs en de milieu-impact van de productie van waterstofgas zijn daarbij belangrijke uitdagingen.

De ontleding van water is een veelbelovende technologie in dit onderzoeksgebied.

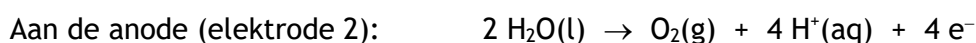
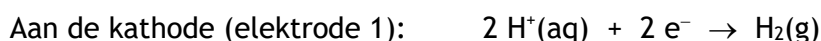


De ontleding van water kan worden uitgevoerd door de elektrolyse (zie figuur 1) van aangezuurd water.

figuur 1 *elektrolyse van water*



Aan de elektroden vinden de volgende halfreacties plaats:



De spanning die nodig is voor de elektrolyse van water ($\Delta V_{\text{toegepast}}$) moet groter zijn dan de spanning die kan worden berekend met behulp van thermodynamische gegevens ($\Delta V_{\text{theoretisch}}$).

- 12 Bereken $\Delta_r G^0$ (in J per mol waterstof) voor de vorming van waterstof uit de elektrolyse van water bij 298 K. Gebruik hierbij de gegevens uit bovenstaande tabel 1.
Als je dit niet kunt berekenen, gebruik dan als gegeven in het vervolg van deze opgave de waarde $1,987 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$. 3
- 13 Bereken $\Delta V_{\text{theoretisch}}$ (in V, in drie decimalen) uit het antwoord op vraag 12.
Als je dit niet kunt berekenen, gebruik dan als gegeven in het vervolg van deze opgave de waarde 1,234 V. 3

Wanneer bij de elektrolyse van water gebruikgemaakt wordt van een kathode van Pt en een anode van geoxideerd nikkel, NiO_x , is de minimale spanning die moet worden toegepast (ΔV_{min}) gelijk aan 1,6 V.

Het verschil tussen ΔV_{min} en $\Delta V_{\text{theoretisch}}$ wordt veroorzaakt door energieverliezen bij de elektrolyse.

Het thermodynamische rendement (η) bij de elektrolyse van water is het gedeelte van het vermogen dat wordt gebruikt voor de ontleding van water.

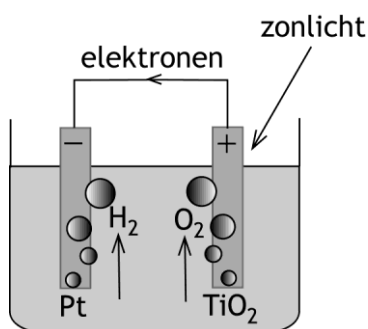
η kan worden berekend uit ΔV_{min} en $\Delta V_{\text{theoretisch}}$ en wordt weergegeven als een percentage.

- 14 Bereken het thermodynamische rendement η voor de elektrolyse van water waarbij gebruikgemaakt wordt van een kathode van Pt en een anode van NiO_x .

3

Een alternatief voor de elektrolyse van water is de zogenoemde fotokatalytische ontleding van water. Hierbij wordt gebruikgemaakt van een foto-elektrode. Dit is vaak een halfgeleider, bijvoorbeeld TiO_2 , die kan worden geactiveerd door de absorptie van (zon)licht.

figuur 2 *schematische weergave van de fotokatalytische ontleding van water*



In een proefopstelling werd de productie van H_2 onderzocht:

De foto-elektrode, met een oppervlakte van 16 mm^2 , werd belicht met gesimuleerd zonlicht bij $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ en $p = p_0$.

Het vermogen van het invallende licht bedroeg $1,0 \text{ kW m}^{-2}$.

In 1,0 uur werd $0,37 \text{ cm}^3$ waterstof geproduceerd.

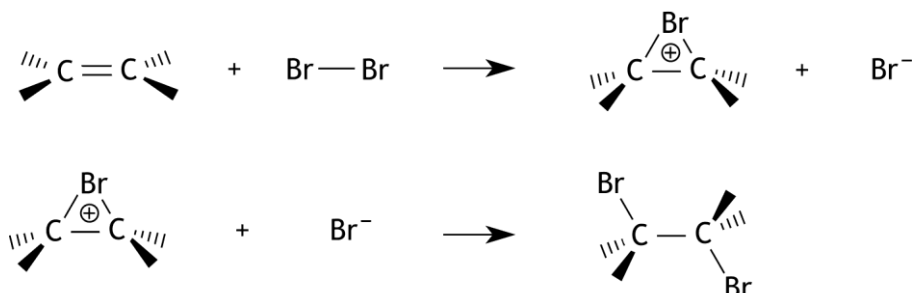
- 15 Bereken het thermodynamische rendement (η) van deze waterstofproductie.

5

■ Opgave 4 Broomadditie

(5 punten)

De additie van broom aan een alkeen verloopt via het volgende mechanisme:



Men laat *cis*-but-2-een en *trans*-but-2-een met broom reageren.

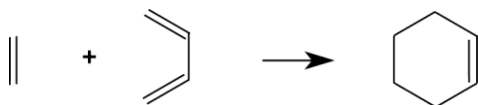
- 16 Hoeveel reactieproducten ontstaan wanneer *cis*-but-2-een met broom reageert en hoeveel reactieproducten ontstaan wanneer *trans*-but-2-een met broom reageert? Geef een verklaring aan de hand van het bovenstaande mechanisme.

5

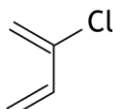
■ Opgave 5 De Diels-Alder reactie

(6 punten)

De Diels-Alder reactie is een cyclo-additiereactie waarbij een alkeen aan een dieen wordt gekoppeld. Een voorbeeld is de [2+4]-cyclo-additie van etheen aan buta-1,3-dieen, waarbij cyclohexeen ontstaat:



Moleculen in de stof 2-chloorbuta-1,3-dieen kunnen met elkaar reageren in een Diels-Alder reactie.

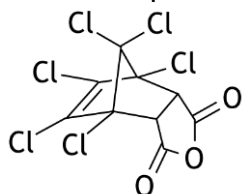


2-chloorbuta-1,3-dieen

- 17 Geef de structuurformules van de reactieproducten die kunnen ontstaan wanneer twee moleculen 2-chloorbuta-1,3-dieen in een [2+4]-cyclo-additie met elkaar reageren. Licht je antwoord toe. Houd rekening met stereo-isomerie.

4

De stof met onderstaande structuurformule wordt als vlamvertrager gebruikt. De stof is het reactieproduct van een Diels-Alder reactie tussen twee stoffen.



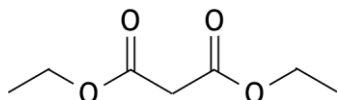
- 18 Geef de structuurformules van deze twee stoffen.

2

Opgave 6 De malonzuurestersynthese

(10 punten)

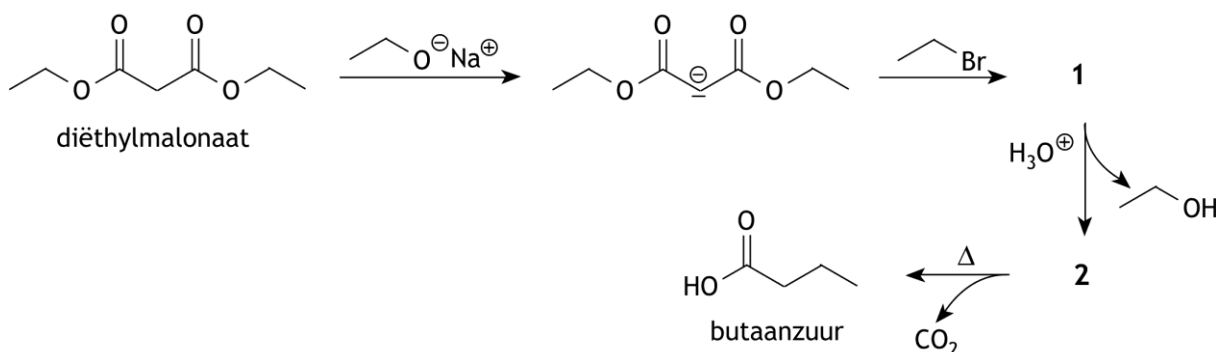
Een methode om carbonzuren te bereiden, is de zogenoemde malonzuurestersynthese. Zo kan bijvoorbeeld butaanzuur worden gesynthetiseerd uit diëthylmalonaat, de diëster van ethanol en propaandizuur. De structuurformule van diëthylmalonaat is als volgt:



- 19 Welke signalen zijn er te zien in het $^1\text{H-NMR}$ spectrum van diëthylmalonaat?
- Geef de multipliciteit en de integraal van elk signaal.
 - Geef aan van welke H atomen de signalen afkomstig zijn.
 - Je hoeft de relatieve posities van de signalen in het spectrum niet aan te geven.

4

De synthese van butaanzuur uit diëthylmalonaat kan als volgt schematisch worden weergegeven:



Een belangrijke eigenschap van diëthylmalonaat in deze synthese is dat de stof zure eigenschappen heeft. De verklaring hiervoor is dat het ontstane negatieve ion wordt gestabiliseerd door mesomerie.

- 20 Geef de mesomere structuren (grensstructuren) van het negatieve ion van diëthylmalonaat. Teken alle relevante elektronenparen en zet de formele lading op de juiste plaats.
- 21 Geef de structuurformules van 1 en 2

3

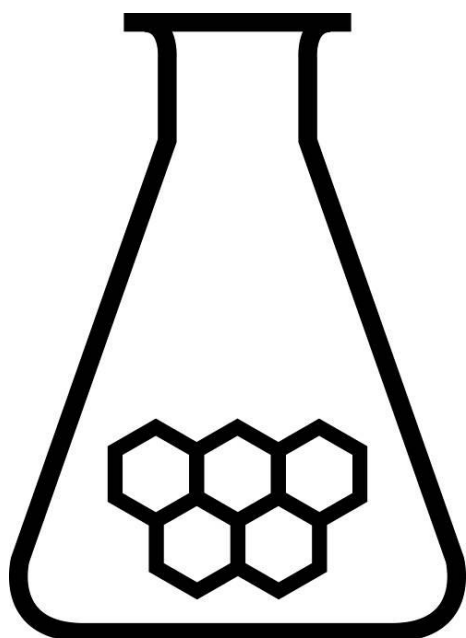
3

43^e Nationale Scheikundeolympiade

Eindronde 2022

Meerkeuzetoets
Opgavenboekje

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.

Deze toets is tot stand gekomen dankzij de medewerking van de volgende personen:

Olav Altenburg
Alex Blokhuis
Johan Broens
Martin Groeneveld
Mees Hendriks
Jacob van Hengst
Thijs Hoevenaars
Marijn Jonker
Emiel de Kleijn
Jasper Landman
Bob Lefeber
Marte van der Linden
Piet Mellema
Han Mertens
Anna Reinhold
Geert Schulpen
Nena Slaats
Niels Vreeswijk
Eveline Wijbenga
Benjamin Zadeh
Emmy Zeetsen

De eindredactie was in handen van:
Kees Beers en Dick Hennink

Meerkeuzevragen

(totaal 40 punten)

Schrijf bij elke vraag je antwoord (letter) op het antwoordblad. Dit antwoordblad vind je aan het eind van dit opgavenboekje.

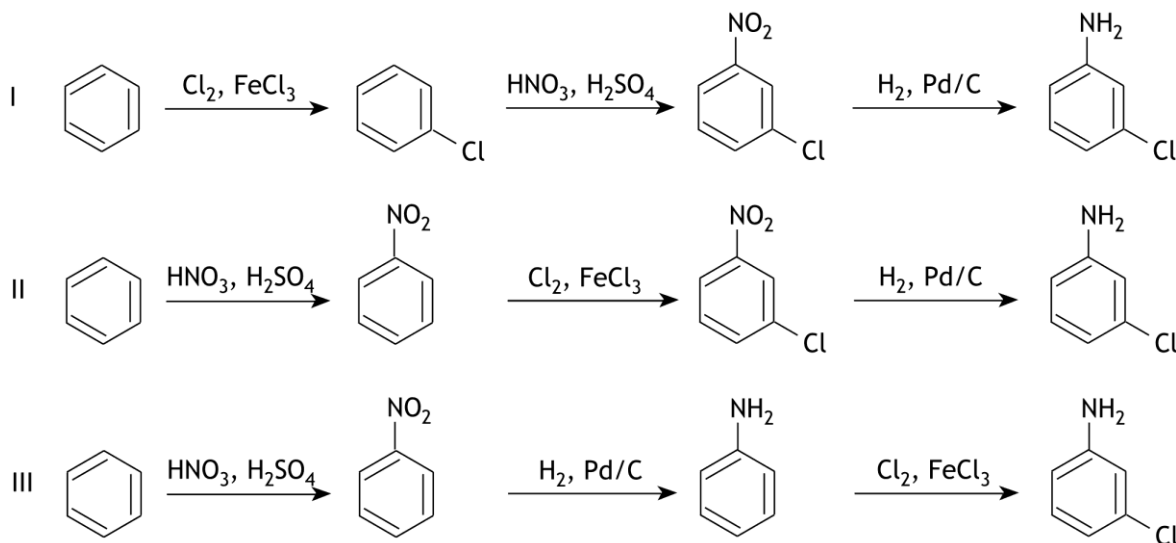
Normering: 2 punten per juist antwoord.

Koolstofchemie

- 1 Welke van de hieronder genoemde reagentia kan/kunnen worden gebruikt om butaanzuur ($\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$) om te zetten tot butaan-1-ol ($\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH}$)?

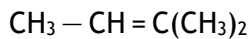
Reagentia: RMgX (Grignardreagens), LiAlH_4 , Zn / HCl .

- A alleen RMgX
B alleen LiAlH_4
C alleen Zn / HCl
D RMgX en LiAlH_4
E RMgX en Zn / HCl
F LiAlH_4 en Zn / HCl
G RMgX en LiAlH_4 en Zn / HCl
- 2 Welke van onderstaande manieren om, uitgaande van benzeen, de stof 3-chloorbenzeenamine te bereiden, is/zijn juist?



- A alleen I
B alleen II
C alleen III
D I en II
E I en III
F II en III
G alle drie

3 Marijn wil, via een Wittig-reactie, het volgende alkeen synthetiseren:

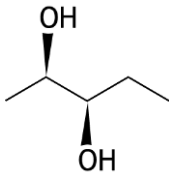


Hij heeft de beschikking over het Wittig-reagens $(\text{Ph})_3\text{P} = \text{C}(\text{CH}_3)_2$ en over ethaanzuur, ethanal en ethanol.

Met welke stof(fen) kan hij het Wittig-reagens laten reageren om het gewenste alkeen te synthetiseren?

- A alleen met ethaanzuur
- B alleen met ethanal
- C alleen met ethanol
- D met ethaanzuur en met ethanal
- E met ethaanzuur en met ethanol
- F met ethanal en met ethanol
- G met ethaanzuur en met ethanal en met ethanol

4



Hierboven staat een van de stereo-isomeren van pentaan-2,3-diol.

Wat is de weergave volgens de *R/S* nomenclatuur van deze stereo-isomeer?

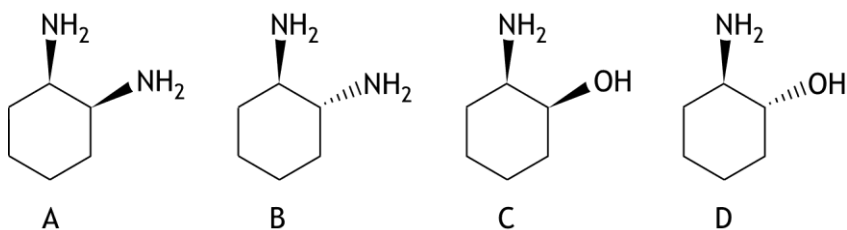
- A (2*R*,3*R*)-pentaan-2,3-diol
- B (2*R*,3*S*)-pentaan-2,3-diol
- C (2*S*,3*R*)-pentaan-2,3-diol
- D (2*S*,3*S*)-pentaan-2,3-diol

Structuren en formules

5 Welke orbitaal kan *niet* bestaan?

- A 2*p*
- B 2*d*
- C 3*d*
- D 4*f*

- 6 Welke bewering(en) over de onderstaande verbindingen is/zijn juist?



- I A en B zijn enantiomeren.
II C en D zijn diastereomeren.

- A geen van beide
B alleen I
C alleen II
D beide

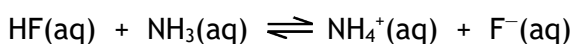
pH / zuur-base

- 7 Aan 4 L 0,2 M natriumoxalaatoplossing ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$) wordt 3 L 0,2 M oxaalzuuroplossing ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) toegevoegd.

Wat is de pH van de ontstane oplossing (298 K)?

- A 0,5
B 1,1
C 1,4
D 2,0
E 3,0
F 3,3
G 4,3
H 4,6

- 8 Wat is de waarde van de evenwichtsconstante voor het onderstaande evenwicht bij 298 K?



- A $3,5 \cdot 10^{-13}$
B $8,9 \cdot 10^{-7}$
C $1,1 \cdot 10^6$
D $2,8 \cdot 10^{12}$

- 9 Men heeft 0,10 M oplossingen van HCl, H_2SO_4 en H_3PO_4 .

Wat is de rangschikking naar opklimmende pH van deze oplossingen?

- A $\text{pH}(\text{HCl}) < \text{pH}(\text{H}_2\text{SO}_4) < \text{pH}(\text{H}_3\text{PO}_4)$
B $\text{pH}(\text{HCl}) < \text{pH}(\text{H}_3\text{PO}_4) < \text{pH}(\text{H}_2\text{SO}_4)$
C $\text{pH}(\text{H}_2\text{SO}_4) < \text{pH}(\text{HCl}) < \text{pH}(\text{H}_3\text{PO}_4)$
D $\text{pH}(\text{H}_2\text{SO}_4) < \text{pH}(\text{H}_3\text{PO}_4) < \text{pH}(\text{HCl})$
E $\text{pH}(\text{H}_3\text{PO}_4) < \text{pH}(\text{HCl}) < \text{pH}(\text{H}_2\text{SO}_4)$
F $\text{pH}(\text{H}_3\text{PO}_4) < \text{pH}(\text{H}_2\text{SO}_4) < \text{pH}(\text{HCl})$

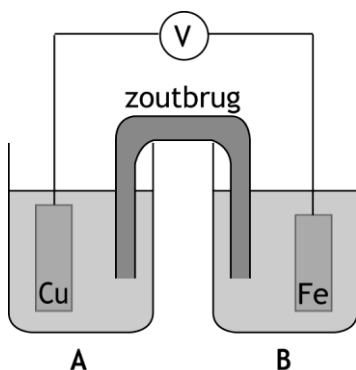
Redox en elektrochemie

- 10 Een oplossing van aluminiumjodide wordt geëlektrolyseerd met platina-elektroden (298 K, $p = p_0$).

Welke stof ontstaat aan welke elektrode?

	negatieve elektrode	positieve elektrode
A	Al	I ₂
B	Al	O ₂
C	H ₂	I ₂
D	H ₂	O ₂
E	I ₂	H ₂
F	I ₂	Al

- 11 In onderstaande elektrochemische cel bevindt zich in halfcel A een 1,00 M koper(II)sulfaatoplossing. In halfcel B bevindt zich een suspensie van ijzer(II)hydroxide in natronloog. Er heeft zich een evenwicht ingesteld tussen het vaste ijzer(II)hydroxide en de Fe²⁺ ionen en OH⁻ ionen in de oplossing. De pH in halfcel B is 12,00.



Hoe groot is de bronspanning van deze elektrochemische cel (298 K)?

- A 0,43 V
- B 0,47 V
- C 0,79 V
- D 0,92 V
- E 0,95 V
- F 1,15 V
- G 1,21 V
- H 1,52 V

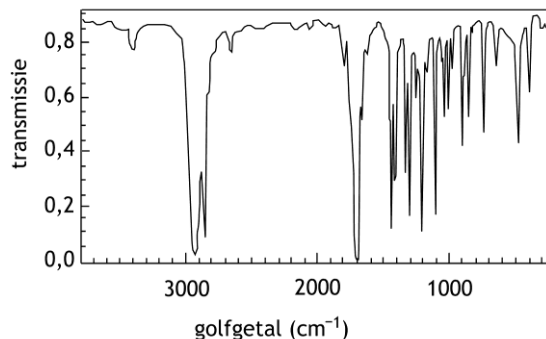
Reactiesnelheid en evenwicht

- 12 In een reactor bevindt zich bij een bepaalde temperatuur een evenwichtsmengsel van N_2O_4 en NO_2 :
- $$\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2(\text{g})$$
- Van de oorspronkelijke hoeveelheid N_2O_4 is 20% gedissocieerd en de totale druk van het evenwichtsmengsel is $1,01 \cdot 10^5$ Pa.
- Hoe groot is de evenwichtsconstante K_p van dit evenwicht?
- A $5,0 \cdot 10^3$ Pa
 - B $1,7 \cdot 10^4$ Pa
 - C $2,0 \cdot 10^4$ Pa
 - D $2,5 \cdot 10^4$ Pa
 - E $3,4 \cdot 10^4$ Pa
 - F $5,0 \cdot 10^4$ Pa
- 13 Bij een bepaalde nulde orde reactie is bij 40°C in 15 minuten een omzettingspercentage van 20 procent bereikt.
- Bij dezelfde reactie is bij 60°C in 1,5 minuten een omzettingspercentage van 10 procent bereikt.
- Wat is de activeringsenergie van deze reactie?
- A $1,0 \cdot 10^3$ J mol⁻¹
 - B $1,6 \cdot 10^3$ J mol⁻¹
 - C $7,0 \cdot 10^4$ J mol⁻¹
 - D $1,0 \cdot 10^5$ J mol⁻¹
- 14 In de bovenste lagen van de atmosfeer wordt ozon omgezet tot zuurstof:
- $$2 \text{O}_3(\text{g}) \rightarrow 3 \text{O}_2(\text{g})$$
- Een mogelijk mechanisme voor deze omzetting is:
- $$\text{O}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{O}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \quad (\text{snel})$$
- $$\text{O}(\text{g}) + \text{O}_3(\text{g}) \rightarrow 2 \text{O}_2(\text{g}) \quad (\text{langzaam})$$
- Welke reactiesnelheidsvergelijking is in overeenstemming met dit mechanisme?
- A $s = k[\text{O}_3]$
 - B $s = k \frac{[\text{O}_3]}{[\text{O}_2]}$
 - C $s = k[\text{O}_3]^2$
 - D $s = k \frac{[\text{O}_3]^2}{[\text{O}_2]}$

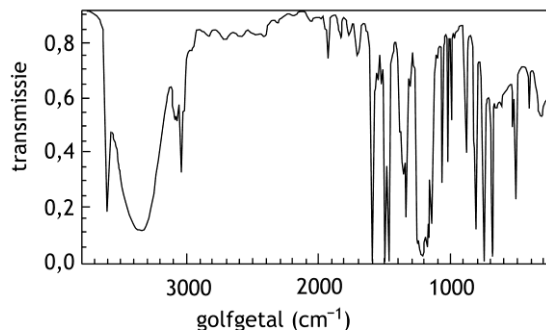
Analyse

15 Hieronder zijn de IR-spectra van benzenol, cyclohexanol en cyclohexanon afgebeeld.

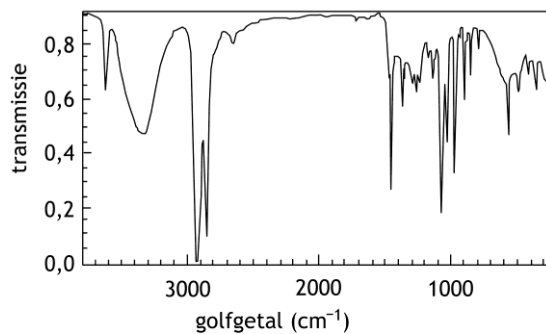
IR spectrum I



IR spectrum II



IR spectrum III

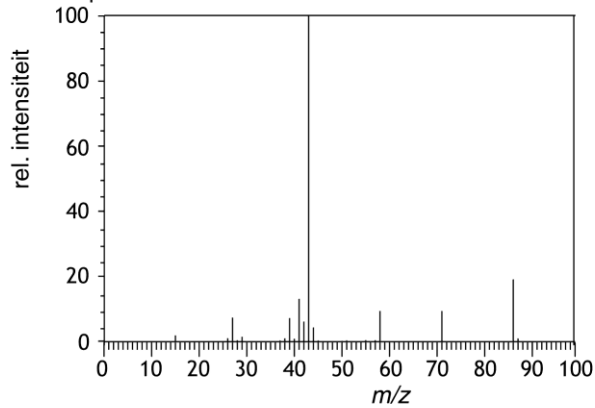


Welk spectrum hoort bij welke stof?

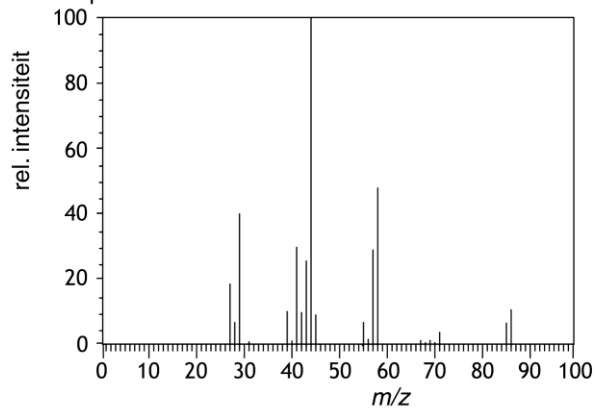
	IR spectrum I	IR spectrum II	IR spectrum III
A	benzenol	cyclohexanol	cyclohexanon
B	benzenol	cyclohexanon	cyclohexanol
C	cyclohexanol	benzenol	cyclohexanon
D	cyclohexanol	cyclohexanon	benzenol
E	cyclohexanon	benzenol	cyclohexanol
F	cyclohexanon	cyclohexanol	benzenol

16 Hieronder zijn de massaspectra van pentaan-2-on, pentaan-3-on en pentanal afgebeeld.

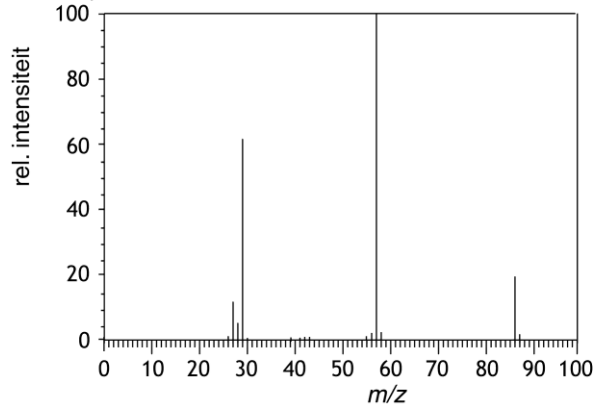
massaspectrum I



massaspectrum II



massaspectrum III



Welk spectrum hoort bij welke stof?

- | | massaspectrum I | massaspectrum II | massaspectrum III |
|----------|-----------------|------------------|-------------------|
| A | pentaan-2-on | pentaan-3-on | pentanal |
| B | pentaan-2-on | pentanal | pentaan-3-on |
| C | pentaan-3-on | pentaan-2-on | pentanal |
| D | pentaan-3-on | pentanal | pentaan-2-on |
| E | pentanal | pentaan-2-on | pentaan-3-on |
| F | pentanal | pentaan-3-on | pentaan-2-on |

- 17 Kaliumpermanganaat (KMnO_4) is een paarse stof. Een oplossing van kaliumpermanganaat absorbeert licht met een golflengte van 525 nm.
- Wanneer een aangezuurde oplossing van kaliumpermanganaat reageert met een oxaalzuuroplossing, wordt MnO_4^- omgezet tot Mn^{2+} en wordt $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ omgezet tot CO_2 .
- Aan 1,00 mL van een aangezuurde x M kaliumpermanganaatoplossing wordt 1,00 mL y M oxaalzuuroplossing toegevoegd.
- Na afloop van de reactie wordt de extinctie van de oplossing gemeten: 0,600.
- Daarna wordt aan 1,00 mL aangezuurde x M kaliumpermanganaatoplossing 1,50 mL y M oxaalzuuroplossing toegevoegd.
- Na afloop van de reactie is de extinctie 0,320.
- Bij beide extinctiemetingen wordt een cuvet gebruikt met weglengte 1,00 cm.
- Met welk stelsel van twee vergelijkingen met twee onbekenden zijn x en y te berekenen? Ga ervan uit dat alleen het MnO_4^- licht absorbeert bij 525 nm.

- A $1,00x - 0,400y = 3,00 \cdot 10^{-4}$
 $1,00x - 0,600y = 1,60 \cdot 10^{-4}$
- B $1,00x - 0,400y = 6,00 \cdot 10^{-4}$
 $1,00x - 0,600y = 4,00 \cdot 10^{-4}$
- C $1,00x - 1,00y = 3,00 \cdot 10^{-4}$
 $1,00x - 1,50y = 1,60 \cdot 10^{-4}$
- D $1,00x - 1,00y = 6,00 \cdot 10^{-4}$
 $1,00x - 1,50y = 4,00 \cdot 10^{-4}$
- E $1,00x - 2,50y = 3,00 \cdot 10^{-4}$
 $1,00x - 3,75y = 1,60 \cdot 10^{-4}$
- F $1,00x - 2,50y = 6,00 \cdot 10^{-4}$
 $1,00x - 3,75y = 4,00 \cdot 10^{-4}$

Rekenen

- 18 Betonrot ontstaat wanneer het ijzer in gewapend beton roest. De wapening zet uit doordat roest een groter volume inneemt dan het ijzer waaruit het is ontstaan. Daardoor kunnen er scheuren in het beton ontstaan. In ernstige gevallen kan het beton zelfs afbrokkelen.

Van een stukje ijzer met een oorspronkelijk volume van $10,0 \text{ cm}^3$ is 10% geroest.

Hoe groot is het volume na roesten geworden?

Ga uit van de volgende gegevens:

- roest is Fe_2O_3
- de dichtheid van ijzer is $7,87 \text{ g cm}^{-3}$
- de dichtheid van roest is $5,24 \text{ g cm}^{-3}$

- A $11,1 \text{ cm}^3$
 B $12,1 \text{ cm}^3$
 C $13,2 \text{ cm}^3$
 D $14,2 \text{ cm}^3$

- 19 Men mengt in een reactievat met een vast volume van $1,00 \text{ dm}^3$ 125 mmol xenon en 275 mmol fluor en verhoogt de temperatuur tot $130 \text{ }^\circ\text{C}$. Bij de reacties die dan optreden, ontstaan uitsluitend XeF_4 en XeF_6 . Na afloop van de reacties zijn geen ongereageerd xenon en fluor meer aanwezig.

Hoe groot is de druk in het reactievat?

- A $1,35 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
- B $4,19 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
- C $1,34 \cdot 10^6 \text{ Pa}$
- D $4,32 \cdot 10^6 \text{ Pa}$

Thermochemie

- 20 Het element zwavel is een gele vaste stof. Het bestaat uit cyclische moleculen S_8 . Als zwavel verbrandt, ontstaat zwaveldioxide.

Hoe groot is de bindingsenergie (de energie die vrijkomt bij de vorming van een mol bindingen) van de binding tussen een zwavelatoom en een zuurstofatoom in moleculen SO_2 ? Ga ervan uit dat beide bindingen in een SO_2 molecuul even sterk zijn.

- A $-1,49 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
- B $-3,98 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
- C $-4,03 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
- D $-4,37 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
- E $-4,44 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
- F $-5,30 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
- G $-5,35 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
- H $-5,76 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$

43^e Nationale Scheikundeolympiade 2022 Eindronde
Antwoorden meerkeuzevragen

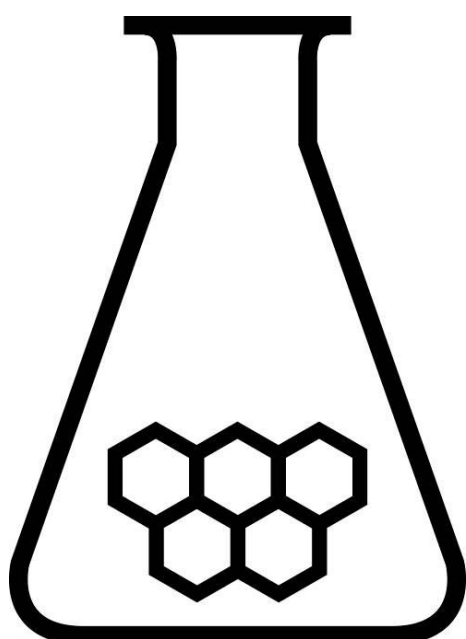
nr.	keuze letter
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	

NAAM:

SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2022

CORRECTIEMODEL VOORRONDE 1

af te nemen in de periode van
12 tot en met 28 januari 2022



SCHEIKUNDE OLYMPIADE



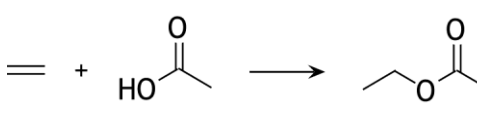
- Deze voorronde bestaat uit 20 meerkeuzevragen verdeeld over 9 onderwerpen en 2 opgaven met in totaal 10 open vragen.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 76 punten (geen bonuspunten).
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 6^e druk of ScienceData 1^e druk.
- Bij elke vraag 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

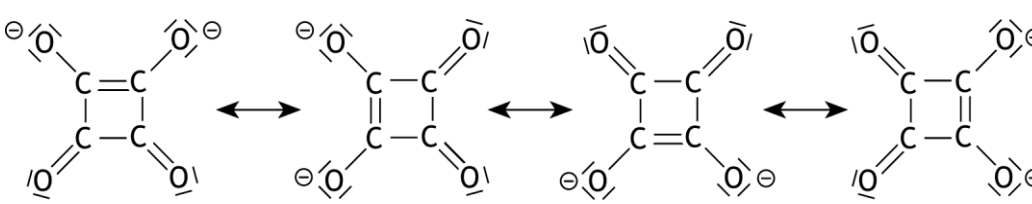
Koolstofchemie

1	A	De reactievergelijking is:  Er vindt additie plaats van de OH groep aan de dubbele binding.
2	C	hexaan, 2-methylpentaan, 3-methylpentaan, 2,2-dimethylbutaan, 2,3-dimethylbutaan
3	B	Alleen II heeft een asymmetrisch C atoom: het C atoom waaraan de OH groep is gebonden.
Reacties		
4	D	In de reactie reageert H^- met H_2O door overdracht van H^+ . Tevens verandert de lading (het oxidatiegetal) van H van -1 in H^- naar 0 in H_2 (en van $+1$ in H_2O naar 0 in H_2).

Reactiesnelheid en evenwicht

5	C	Stel het volume is V L, dan zijn alle concentraties gelijk aan $\frac{0,50}{V} \text{ mol L}^{-1}$. Dit invullen in de evenwichtsvoorwaarde levert: $\frac{[\text{Cd}(\text{SCN})_4^{2-}]}{[\text{Cd}^{2+}] \times [\text{SCN}^-]^4} = \frac{\left(\frac{0,50}{V}\right)}{\left(\frac{0,50}{V}\right) \times \left(\frac{0,50}{V}\right)^4} = 1,0 \cdot 10^3$ Oplossen van de vergelijking levert $V = 2,8$ L.
6	B	$s = -\frac{1}{2} \frac{d[\text{F}_2]}{dt} = \frac{1}{3} \frac{d[\text{ClF}_3]}{dt}$, dus $\frac{d[\text{ClF}_3]}{dt} = -\frac{2}{3} \frac{d[\text{F}_2]}{dt}$

Structuren en formules

7	B	De lewisstructuur van het CNO^- is: $[\text{C} \equiv \text{N} - \overset{-1}{\text{O}}]^\ominus$.
8	A	Van het kwadraat bestaan de volgende mesomere lewisstructuren: 

9	D	<p>In een molecuul diazeen komt een dubbele binding voor tussen de N atomen. Daarom zijn beide moleculen vlak (conform een etheenmolecuul).</p> <p>De N – H binding is polair, met het N atoom als het meest elektronegatieve atoom. Daarom heeft het molecuul aan de kant van de N atomen een kleine negatieve lading en aan de kant van de H atomen een kleine positieve lading. In een molecuul <i>trans</i>-diazeeen wordt tengevolge van de symmetrie in het molecuul de ladingsverdeling opgeheven. Een molecuul <i>cis</i>-diazeeen is een dipool (en een molecuul <i>trans</i>-diazeeen niet).</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \delta^- \\ \text{N}=\text{N} \\ \delta^+ \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ <p><i>cis</i>-diazeeen</p> </div> <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{c} \text{H} \\ \text{N}=\text{N} \\ \text{H} \end{array}$ <p><i>trans</i>-diazeeen</p> </div> </div>
---	---	---

pH / zuur-base

10	D	<p>$\text{CN}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCN} + \text{OH}^-$ $\text{pOH} = 14,00 - 9,60 = 4,40$, dus $[\text{OH}^-] = 10^{-4,40} = [\text{HCN}]$ Stel de molariteit is c.</p> $K_b = \frac{[\text{HCN}][\text{OH}^-]}{[\text{CN}^-]} \text{ of } 1,6 \cdot 10^{-5} = \frac{(10^{-4,40})^2}{c - 10^{-4,40}}$ <p>Dit levert $c = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$.</p>
----	---	---

Redox en elektrochemie

11	E	<p>De reactievergelijking is:</p> $6 \text{H}^+(\text{aq}) + \text{BrO}_3^-(\text{aq}) + 5 \text{Br}^-(\text{aq}) \rightarrow 3 \text{Br}_2(\text{aq}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
12	A	<p>Bij de positieve elektrode treedt de halfreactie $\text{Cu}(\text{s}) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^-$ op.</p> <p>Er wordt $\frac{1300(\text{s}) \times 0,35 (\text{Cs}^{-1})}{9,65 \cdot 10^4 (\text{C mol}^{-1})} \times \frac{1}{2 (\text{mol mol}^{-1})} \times 63,55 (\text{g mol}^{-1}) = 0,15 \text{ g Cu}$ omgezet tot Cu^{2+}</p>
13	F	<p>Het koppel $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ heeft de hoogste standaardelektrodepotentiaal. Dus Fe^{3+} reageert als oxidator. De elektrode waar de oxidator reageert, is in een elektrochemische cel de positieve elektrode.</p> <p>Het koppel Fe/Fe^{2+} heeft de laagste standaardelektrodepotentiaal. Dus Fe reageert als reductor. De elektrode waar de reductor reageert, is in een elektrochemische cel de negatieve elektrode.</p>

Analyse

14	F	De molecuulionpieken bij $m/z = 58$ wijzen op propanal en propanon (en sluiten propaan-1-ol met $M = 60$ uit). De piek bij $m/z = 43$ in massaspectrum I wijst op CH_3CO^+ fragmenten van propanon en de piek bij $m/z = 57$ in massaspectrum II wijst op $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CO}^+$ fragmenten van propanal.
15	B	Met het zuur wordt het carbonaat omgezet tot CO_2 dat na verwarmen uit de oplossing is verdwenen. Het achtergebleven sulfaat reageert met Ba^{2+} tot een neerslag van bariumsulfaat. Met methode II wordt met de zwavelzuuroplossing sulfaat geïntroduceerd, zodat er zeker een neerslag met Ba^{2+} ontstaat.

Rekenen

16	B	Er reageert $\frac{50,0}{39,997} = 1,25$ mol NaOH onder vorming van $\frac{1,25}{2} = 0,625$ mol $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. De molaire massa van $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ is $322,19 \text{ g mol}^{-1}$, dus is ontstaan $0,625 \times 322,19 = 201 \text{ g Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Hiervan is 100 g afkomstig van de natronloog, dus $201 - 100 = 101 \text{ g}$ is afkomstig van de zwavelzuuroplossing.
17	D	$\frac{3,0(\%) \times 1,01 (\text{g mL}^{-1}) \times 10^3 (\text{mLL}^{-1})}{100(\%) \times 342,30 (\text{g mol}^{-1})} = 8,9 \cdot 10^{-2} (\text{mol L}^{-1})$
18	D	De reactievergelijking is $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2 \rightarrow 3 \text{CuO} + 2 \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ Dus 345 g azuriet levert $3 \times 79,545 \text{ g}$ koper(II)oxide; dan ontstaat uit $50,0 \text{ g}$ azuriet dus $\frac{50,0 (\text{g})}{345 (\text{g mol}^{-1})} \times 3 \times 79,545 (\text{g mol}^{-1}) = 34,6 \text{ g CuO}$.

Thermochemie en Groene chemie

19	C	$\Delta H_{\text{reactie}} = \Delta H_{\text{vorming, cumeen}} - \Delta H_{\text{vorming, benzeen}} - \Delta H_{\text{vorming, propeen}}$ $\Delta H_{\text{vorming, cumeen}} = \Delta H_{\text{reactie}} + \Delta H_{\text{vorming, benzeen}} + \Delta H_{\text{vorming, propeen}} =$ $-107 + 49 + 20 = -38 \text{ kJ mol}^{-1}$
20	D	De reactievergelijking voor de vorming van cumeen blijft hetzelfde. De atomeconomie is 100% en blijft dus gelijk. Er ontstaat minder bijproduct (afval), dus de E -factor wordt kleiner.

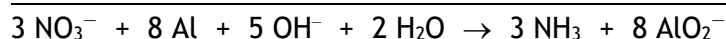
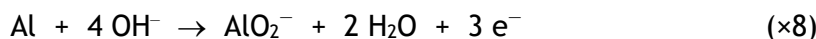
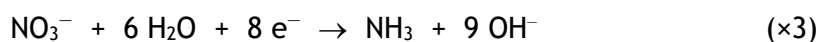
Open opgaven

(totaal 36 punten)

■ Opgave 2 Nitraat in grondwater

16 punten

□1 Maximumscore 5



- NO_3^- , H_2O en e^- voor de pijl en NH_3 en OH^- na de pijl in één halfreactie 1
- juiste elementbalans en juiste ladingsbalans in deze halfreactie 1
- Al en OH^- voor de pijl en AlO_2^- , H_2O en e^- na de pijl in de andere halfreactie 1
- juiste elementbalans en juiste ladingsbalans in deze andere halfreactie 1
- de halfreacties in de juiste verhouding bij elkaar opgeteld en wegstrepen van OH^- , H_2O en e^- voor en na de pijl in de totale reactievergelijking 1

□2 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

Bij $\text{pH} = 6,2$ is $\frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{K_{z(\text{NH}_4^+)}}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{5,6 \cdot 10^{-10}}{10^{-6,2}} = 9 \cdot 10^{-4}$ (dus er is nauwelijks NH_4^+ omgezet tot NH_3).

- berekening van de $[\text{H}_3\text{O}^+]$: $10^{-6,2}$ 1
- juiste evenwichtsvoorwaarde, bijvoorbeeld genoteerd als $\frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{K_{z(\text{NH}_4^+)}}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$, eventueel reeds gedeeltelijk ingevuld 1
- juiste berekening van $\frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]}$ bij $\text{pH} = 6,2$ (en conclusie) 1

□3 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

$$\frac{(35,0 \times 0,202 - 26,5 \times 0,195)}{3,00} \times 62,01 = 39,3 \text{ mg NO}_3^- \text{ per L grondwater}$$

Dus het grondwater voldoet aan de kwaliteitsnorm (van 50 mg NO_3^- per L grondwater).

- berekening van het aantal mmol H_3O^+ in 35,0 mL 0,202 M zoutzuur en het aantal mmol OH^- in 26,5 mL 0,195 M natronloog: respectievelijk 35,0 (mL) vermenigvuldigen met 0,202 (mmol mL^{-1}) en 26,5 (mL) vermenigvuldigen met 0,195 (mmol mL^{-1}) 1
- berekening van het aantal mmol NO_3^- (is gelijk aan het aantal mmol NH_3 dat heeft gereageerd met H_3O^+) in 3,00 L grondwater: het verschil van het aantal mmol H_3O^+ in 35,0 mL 0,202 M zoutzuur en het aantal mmol OH^- in 26,5 mL 0,195 M natronloog 1
- berekening van het aantal mmol NO_3^- per L grondwater: het aantal mmol NO_3^- in 3,00 L grondwater delen door 3,00 (L) 1
- berekening van het aantal mg NO_3^- per L grondwater: het aantal mmol NO_3^- per L grondwater vermenigvuldigen met de massa van een mmol NO_3^- (62,01 mg) en conclusie 1

□4 Maximumscore 4

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- Voeg (een overmaat) natronloog toe aan (een bepaalde hoeveelheid) grondwater. Kook de oplossing en vang de ammoniak op in (een overmaat) verdund zoutzuur. Titreer (de overmaat zoutzuur) met natronloog. Hieruit is het ammoniumgehalte (van het grondwater) te berekenen. Voeg aluminium toe aan de oplossing die is ontstaan na het koken (en daarna is afgekoeld). Kook het reactiemengsel en leid de ammoniak in (een overmaat) zoutzuur. Titreer (de overmaat zoutzuur) met natronloog. Hieruit is het nitraatgehalte (van het grondwater) te berekenen.

en

- Maak (een bepaalde hoeveelheid) grondwater basisch (door natronloog toe te voegen) en voeg aluminium toe. Kook het reactiemengsel en vang de ammoniak op in (een overmaat) verdund zoutzuur. Titreer (de overmaat zoutzuur) met natronloog. / De beschreven methode uitvoeren met (een bepaalde hoeveelheid) grondwater. Hieruit is de som van het ammoniumgehalte plus het nitraatgehalte te berekenen. Kook vervolgens eenzelfde hoeveelheid grondwater die basisch is gemaakt (zodat de ontstane ammoniak ontwijkt). Voeg (nadat de ontstane oplossing is afgekoeld) aluminium toe, kook het reactiemengsel en vang de ammoniak op in (een overmaat) verdund zoutzuur. Titreer (de overmaat zoutzuur) met natronloog. Hieruit is het nitraatgehalte te berekenen. Uit de som van het ammoniumgehalte plus het nitraatgehalte en het nitraatgehalte is het ammoniumgehalte te berekenen.

- natronloog toevoegen aan grondwater, koken en ammoniak opvangen in (overmaat) zoutzuur 1
- (overmaat) zoutzuur titreren met natronloog en aangeven dat daaruit het ammoniumgehalte kan worden berekend 1
- aluminium toevoegen aan de oplossing die is ontstaan na het koken, koken en ammoniak opvangen in (overmaat) zoutzuur 1
- (overmaat) zoutzuur titreren met natronloog en aangeven dat daaruit het nitraatgehalte kan worden berekend 1

of

- grondwater basisch maken, aluminium toevoegen, koken en ammoniak opvangen in (overmaat) zoutzuur en (overmaat) zoutzuur titreren met natronloog / de beschreven methode uitvoeren met (een bepaalde hoeveelheid) grondwater 1
- aangeven dat daaruit de som van het ammoniumgehalte plus nitraatgehalte kan worden berekend 1
- eenzelfde hoeveelheid grondwater basisch maken, koken en (na afkoelen) aluminium toevoegen, (opnieuw) koken en ammoniak opvangen in (overmaat) zoutzuur 1
- (overmaat) zoutzuur titreren met natronloog en aangeven dat daaruit (eerst) het nitraatgehalte kan worden berekend en hoe (vervolgens) het ammoniumgehalte kan worden berekend 1

Indien een antwoord is gegeven als:

De beschreven methode uitvoeren met (een bepaalde hoeveelheid) grondwater. Hieruit is de som van het ammoniumgehalte plus het nitraatgehalte te berekenen. Titreer vervolgens (een deel van) het grondwater met natronloog. Hieruit is het ammoniumgehalte te berekenen. Het verschil tussen beide bepalingen is het nitraatgehalte.

3

Indien een antwoord is gegeven als:

Grondwater basisch maken en koken (zodat de ammoniak wordt verwijderd). Met de oplossing die overblijft de beschreven bepaling uitvoeren. Daarmee is het nitraatgehalte te berekenen.

2

Indien een antwoord is gegeven als:

Grondwater basisch maken en koken (zodat de ammoniak wordt verwijderd). Met de oplossing die overblijft de beschreven bepaling uitvoeren.

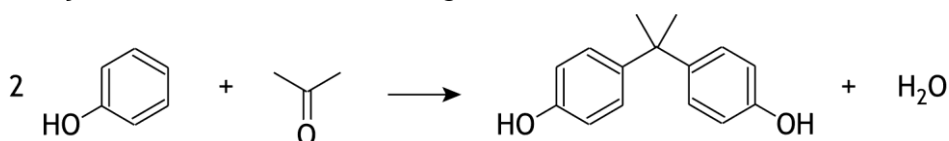
1

■ Opgave 3 Bisfenol A

20 punten

□5 Maximumscore 4

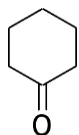
Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



- juiste structuurformule van fenol voor de pijl 1
- juiste structuurformule van aceton voor de pijl 1
- juiste structuurformule van BPA en H₂O na de pijl 1
- juiste coëfficiënten 1

□6 Maximumscore 2

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



- carbonylgroep in de structuurformule 1
- rest van de formule juist 1

□7 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Het is een copolymeer, want in de structuur is behalve de monomeereenheid afkomstig van BPA nog een monomeereenheid te herkennen.

Het is een thermoplast, want het is een ketenpolymeer.

- het is een copolymeer 1
- juiste uitleg waarom het een copolymeer is 1
- het is een thermoplast 1
- juiste uitleg waarom het een thermoplast is 1

□8 Maximumscore 2
CO₃²⁻

Indien als antwoord CO₂ of H₂CO₃ is gegeven

1

Indien als antwoord CO₃ of CO is gegeven

0

Opmerking

Wanneer als antwoord de formule van een zuurrestion van BPA is gegeven, dit goed rekenen.

□9 Maximumscore 6

Voorbeelden van een juiste berekening zijn:

- Stel de 500 mL drinkwater bevatte x ng BPA; hieraan wordt toegevoegd 5,0·10⁻³ (mL) × 1,0·10⁻⁶ (g mL⁻¹) = 5,0·10⁻⁹ g BPA, oftewel 5,0 ng BPA. In de verzamelde fracties van het dichloormethaan zat dus (x + 5,0) ng BPA. De verhouding

$$\text{BPA-d16} : \text{BPA was hierin dus } \frac{\text{BPA-d16}_{\text{chromatogram 1}}}{\text{BPA}_{\text{chromatogram 1}}} = \frac{5987}{235} = 25,5.$$

Ook aan het zuivere water was 5,0 ng BPA toegevoegd. Na de extracties was de verhouding BPA-d16 : BPA in de verzamelde dichloormethaanfracties dus

$$\frac{\text{BPA-d16}_{\text{chromatogram 2}}}{\text{BPA}_{\text{chromatogram 2}}} = \frac{1873}{25} \left(= \frac{5987}{80} \right) = 75.$$

De 500 mL drinkwater waaraan 5,0 ng BPA was toegevoegd, bevatte dus

$$\frac{75}{25,5} = 2,9 \text{ keer zoveel BPA als het drinkwater waaraan 5,0 ng BPA was toegevoegd.}$$

Dus $\frac{x + 5,0}{5,0} = 2,9$; dit levert x = 9,5. In 500 mL drinkwater zat dus 9,5 ng BPA, dat is

$$\frac{1000}{500} \times 9,5 = 19 \text{ ng L}^{-1}.$$

· berekening van het aantal ng toegevoegd BPA: (bijvoorbeeld) 5,0 (μL) vermenigvuldigen met 10⁻³ (mL μL⁻¹) en met 1,0 (μg mL⁻¹) en met 1,0·10⁻⁶ (g μg⁻¹) en met 10⁹ (ng g⁻¹)

1

· berekening van de hoeveelheid BPA in de verzamelde dichloormethaanfracties: x plus het aantal ng toegevoegd BPA

1

· berekening van de verhoudingen BPA-d16 : BPA die uit beide chromatogrammen volgt:

$$\frac{5987}{235} = 25,5 \text{ voor chromatogram 1 en } \frac{1873}{25} \left(= \frac{5987}{80} \right) = 75 \text{ voor chromatogram 2}$$

1

· berekening van de verhouding tussen de hoeveelheden BPA in het behandelde drinkwater en in het behandelde zuivere water: $\frac{75}{25,5} = 2,9$

1

· oplossen van x uit $\frac{x + 5,0}{5,0} = 2,9$

1

· berekening van het BPA gehalte in het onderzochte drinkwater: x (ng) vermenigvuldigen met 1000 (mL L⁻¹) en delen door 500 (mL)

1

en

- Stel de 500 mL drinkwater bevatte x ng BPA; hieraan wordt toegevoegd $5,0 \cdot 10^{-3} \text{ (mL)} \times 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ (g mL}^{-1}\text{)} = 5,0 \cdot 10^{-9} \text{ g BPA}$, oftewel 5,0 ng BPA. In de verzamelde fracties van het dichloormethaan zat dus $(x + 5,0)$ ng BPA.

De verhouding in piekoppervlakten van BPA-d16 is

$$\frac{\text{BPA-d16}_{\text{chromatogram 1}}}{\text{BPA-d16}_{\text{chromatogram 2}}} = \frac{5987}{1873} = 3,196.$$

Dus de piekoppervlakte van BPA in chromatogram 2 moet worden gecorrigeerd met deze factor: $3,196 \times 25 = 80$.

$$\text{Dus } \frac{\text{piekoppervlakte BPA}_{\text{chromatogram 1}}}{\text{gecorrigeerde piekoppervlakte BPA}_{\text{chromatogram 2}}} = \frac{235}{80} = 2,9.$$

Ook aan het zuivere water was 5,0 ng BPA toegevoegd. De 500 mL drinkwater waaraan 5,0 ng BPA was toegevoegd, bevatte dus 2,9 keer zoveel BPA als het zuivere water waaraan 5,0 ng BPA was toegevoegd.

Dus $\frac{x + 5,0}{5,0} = 2,9$; dit levert $x = 9,5$. In 500 mL drinkwater zat dus 9,5 ng BPA, dat is

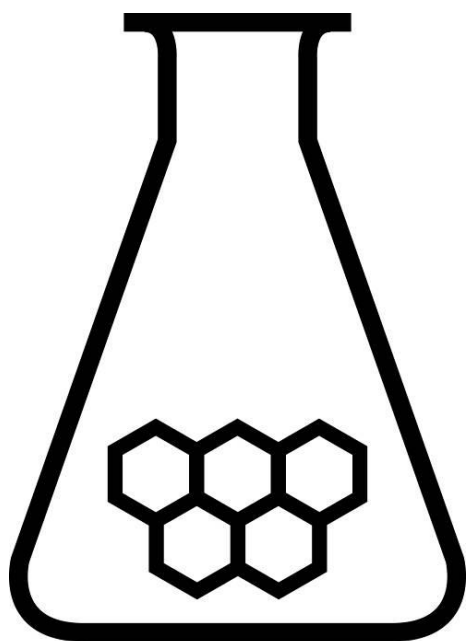
$$\frac{1000}{500} \times 9,5 = 19 \text{ ng L}^{-1}.$$

- berekening van het aantal ng toegevoegd BPA: (bijvoorbeeld) 5,0 (μL) vermenigvuldigen met $10^{-3} \text{ (mL } \mu\text{L}^{-1}\text{)}$ en met 1,0 ($\mu\text{g mL}^{-1}\text{)}$ en met $1,0 \cdot 10^{-6} \text{ (g } \mu\text{g}^{-1}\text{)}$ en met $10^9 \text{ (ng g}^{-1}\text{)}$ 1
 - berekening van de hoeveelheid BPA in de verzamelde dichloormethaanfracties: x plus het aantal ng toegevoegd BPA 1
 - berekening van de verhouding in piekoppervlakten van BPA-d16 in beide chromatogrammen: $\frac{5987}{1873} (= 3,196)$ 1
 - berekening van de verhouding tussen de hoeveelheden BPA in het behandelde drinkwater en in het behandelde zuivere water: $\frac{235}{25 \times 3,196} = 2,9$ 1
 - oplossen van x uit $\frac{x + 5,0}{5,0} = 2,9$ 1
 - berekening van het BPA gehalte in het onderzochte drinkwater: x (ng) vermenigvuldigen met 1000 ($\text{mL L}^{-1}\text{)}$ en delen door 500 (mL) 1
- 10 Maximumscore 2
- De uitkomst van de bepaling *is even nauwkeurig*. 1
 - BPA-d16 is *niet* nodig wanneer de bepaling wordt uitgevoerd zoals Joris voorstelt. 1

SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2022

CORRECTIEMODEL VOORRONDE 2

af te nemen in de periode van
28 maart tot en met 1 april 2022



SCHEIKUNDE OLYMPIADE



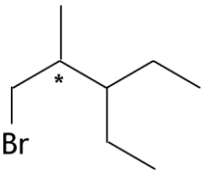
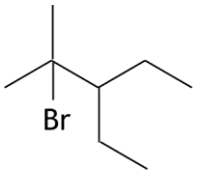
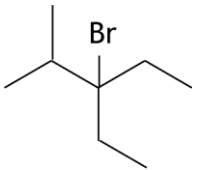
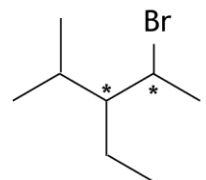
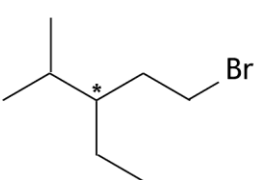
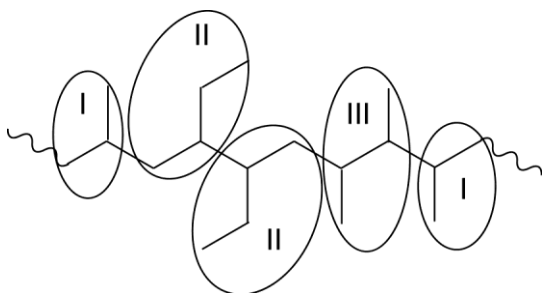
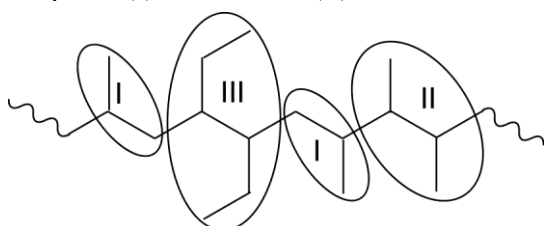
- Deze voorronde bestaat uit 20 meerkeuzevragen verdeeld over 8 onderwerpen en 3 opgaven met in totaal 16 open vragen.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 95 punten.
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 6^e druk of ScienceData 1^e druk.
- Bij elke vraag is het aantal punten 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 4 Meerkeuzevragen

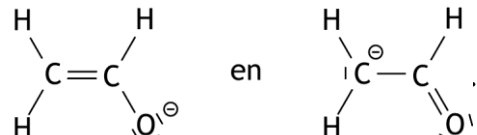
(totaal 40 punten)

per juist antwoord: 2 punten

Koolstofchemie

1	D	<p>De enkelvoudige bindingen tussen het C atoom en de H atomen zijn σ-bindingen. De dubbele binding tussen de C atomen bestaat uit een σ-binding en een π-binding. De dubbele binding tussen het C atoom en het O atoom bestaat uit een σ-binding en een π-binding.</p>
2	F	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>twee stereo-isomeren</p> </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p>vier stereo-isomeren</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>twee stereo-isomeren</p> </div> </div> <p>(* is asymmetrisch koolstofatoom)</p>
3	B	<p>In het fragment zijn moleculen propaan (I), but-1-een (II) en but-2-een (III) verwerkt:</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Of</p> <p>Propaan (I), but-2-een (II) en hex-3-een (III):</p> <div style="text-align: center;">  </div>

Structuren en formules

4	C	<p>De kleinste afstand tussen kernen van twee chloride-ionen is de ribbe van de kubus. Stel de ribbe van de kubus is a cm, dan is het volume $a^3 \text{ cm}^3$. In de eenheidscel zit één cesiumion en één chloride-ion, dus de massa van de kubus is $132,9 + 35,45 = 168,5 \text{ u}$ of $168,5 \times 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ g}$.</p> <p>Dan is de dichtheid $\frac{168,5 \times 1,66 \cdot 10^{-24}}{a^3} = 3,99 \text{ g cm}^{-3}$</p> <p>Dus $a = \sqrt[3]{\frac{168,5 \times 1,66 \cdot 10^{-24}}{3,99}} = 4,12 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$ of $4,12 \cdot 10^{-10} \text{ m}$.</p>
5	A	<p>De twee grensstructuren zijn  en</p> <p>Beide C atomen zijn sp^2 gehybridiseerd. Dus de bindingshoek CCO is ca. 120°. De 1- lading is verdeeld over het buitenste C atoom en het O atoom.</p>
6	D	<p>De elektronenconfiguratie van ${}_{17}\text{Cl}$ is: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$. Drie $2p$ en twee $3p$ orbitalen bevatten elk twee elektronen, één $3p$ orbitaal bevat één elektron.</p>
7	F	<p>De elektronenconfiguratie van ${}_{27}\text{Co}$ in de grondtoestand is $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^7 4s^2$. De set $n = 4, l = 1, m_l = 1, m_s = +1/2$ correspondeert met een elektron in een $4p$ orbitaal. Deze orbitaal is niet bezet in een Co atoom in de grondtoestand. De andere sets quantumgetallen corresponderen wel met elektronen van een Co atoom in de grondtoestand.</p>

Thermochemie

8	C	<p>Per mol CH_2 eenheden komt bij de volledige verbranding van cyclopropan 38 kJ meer vrij dan bij de volledige verbranding van cyclohexaan. Dit is de extra energie-inhoud per mol CH_2 als gevolg van de ringspanning. Dus per mol cyclopropan (drie mol CH_2 eenheden) is de extra energie-inhoud $3 \times 38 = 1,1 \cdot 10^2 \text{ kJ}$.</p>
9	E	<p>Voor de reactie $\text{Ni(g)} + 4 \text{CO(g)} \rightarrow \text{Ni(CO)}_4\text{(g)}$ geldt: $\Delta_r H = -607 - 430 - 4 \times (-110,5) = -595 \text{ kJ mol}^{-1}$. Per mol Ni(CO)_4 ontstaan vier mol Ni – CO bindingen. Dat is gemiddeld per mol Ni – CO bindingen $-595 / 4 = -149 \text{ kJ}$.</p>

Redox en elektrochemie

10	C	<p>De wet van Nernst voor het koppel $\text{Mn}^{2+}/\text{MnO}_4^-$, H^+ luidt</p> $V = 1,51 + \frac{0,059}{5} \log \frac{[\text{MnO}_4^-] \times [\text{H}^+]^8}{[\text{Mn}^{2+}]}$ dus $V_{\text{bron}} = V_A - V_B = 1,51 + \frac{0,059}{5} \log \frac{[\text{MnO}_4^-]_A \times (1,0)^8}{[\text{Mn}^{2+}]_A} - \left(1,51 + \frac{0,059}{5} \log \frac{[\text{MnO}_4^-]_B \times (1,0 \cdot 10^{-5})^8}{[\text{Mn}^{2+}]_B} \right)$ $= \frac{0,059}{5} \log \frac{\frac{[\text{MnO}_4^-]_A \times (1,0)^8}{[\text{Mn}^{2+}]_A}}{\frac{[\text{MnO}_4^-]_B \times (1,0 \cdot 10^{-5})^8}{[\text{Mn}^{2+}]_B}}$ <p>Omdat $[\text{MnO}_4^-]_A = [\text{MnO}_4^-]_B$ en $[\text{Mn}^{2+}]_A = [\text{Mn}^{2+}]_B$, is</p> $V_{\text{bron}} = \frac{0,059}{5} \log \frac{(1,0)^8}{(1,0 \cdot 10^{-5})^8} = \frac{0,059}{5} \log(1,0 \cdot 10^{40}) = 40 \times \frac{0,059}{5} = 0,47 \text{ V.}$
11	C	$K = 10^{\frac{n}{0,059}(V_{\text{Ox}}^0 - V_{\text{Red}}^0)} = 10^{\frac{1}{0,059}(0,27 - 0,16)} = 73$ <p>Of</p> <p>Uit $\Delta G = -RT \ln K$ en $\Delta G = -nF\Delta E$ volgt $K = e^{\frac{nF\Delta E}{RT}} = e^{\frac{1 \times 9,66 \cdot 10^4 \times (0,27 - 0,16)}{8,314 \times 298}} = 73.$</p>

pH / zuur-base

12	D	<p>In I is de molverhouding $\text{H}_2\text{PO}_4^- : \text{HPO}_4^{2-} = 1,0 : 0,50$.</p> <p>In II is $0,50 \text{ mol HPO}_4^{2-}$ ontstaan door reactie van $0,50 \text{ mol H}_2\text{PO}_4^-$ met $0,50 \text{ mol OH}^-$ en is $0,50 \text{ mol H}_2\text{PO}_4^-$ overgebleven.</p> <p>In II is dus de molverhouding $\text{H}_2\text{PO}_4^- : \text{HPO}_4^{2-} = 1,0 : 1,0$.</p> <p>In III is $0,50 \text{ mol H}_2\text{PO}_4^-$ ontstaan door reactie van $0,50 \text{ mol HPO}_4^{2-}$ met $0,50 \text{ mol H}^+$ en is $0,50 \text{ mol HPO}_4^{2-}$ overgebleven.</p> <p>In III is dus de molverhouding $\text{H}_2\text{PO}_4^- : \text{HPO}_4^{2-} = 1,0 : 1,0$.</p> <p>Dus de pH's van II en III zijn hetzelfde.</p>
----	---	--

13	C	<p>Voor een azijnzuuroplossing met molariteit c geldt $K_z = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{Ac}^-]}{[\text{HAc}]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{c - [\text{H}_3\text{O}^+]} = 1,7 \cdot 10^{-5}$</p> <p>Dus $c = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{1,7 \cdot 10^{-5}} + [\text{H}_3\text{O}^+]$</p> <p>De molariteit c_1 van de oplossing met $\text{pH} = 2,88$ is gelijk aan</p> $c_1 = \frac{(10^{-2,88})^2}{1,7 \cdot 10^{-5}} + 10^{-2,88} = 0,10 \text{ M.}$ <p>De molariteit c_2 van de oplossing met $\text{pH} = 2,38$ is gelijk aan</p> $c_2 = \frac{(10^{-2,38})^2}{1,7 \cdot 10^{-5}} + 10^{-2,38} = 1,0 \text{ M.}$ <p>De molariteit van het mengsel is $\frac{c_1 + c_2}{2} = 0,55 \text{ M}$. En de pH van een $0,55 \text{ M}$ azijnzuuroplossing is $\text{pH} = -\log(\sqrt{0,55 \times 1,7 \cdot 10^{-5}}) = 2,51$.</p>
----	---	--

Rekenen

14	C	<p>De reacties zijn: $\text{Fe} + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2$ en $2 \text{Cr} + 6 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+} + 3 \text{H}_2$.</p> <p>Er reageert $\frac{3,00}{5,00} \times 7,00 \text{ g Fe}$, dat is $\frac{\frac{3,00}{5,00} \times 7,00}{55,85}$ mol Fe en daaruit ontstaat</p> $\frac{\frac{3,00}{5,00} \times 7,00}{55,85} \text{ mol H}_2 \text{ en dat is } \frac{\frac{3,00}{5,00} \times 7,00}{55,85} \times 24,5 = 1,84 \text{ dm}^3 \text{ H}_2.$ <p>Tevens reageert $\frac{2,00}{5,00} \times 7,00 \text{ g Cr}$, dat is $\frac{\frac{2,00}{5,00} \times 7,00}{52,00}$ mol Cr en daaruit ontstaat</p> $\frac{3}{2} \times \frac{\frac{2,00}{5,00} \times 7,00}{52,00} \text{ mol H}_2 \text{ en dat is } \frac{3}{2} \times \frac{\frac{2,00}{5,00} \times 7,00}{52,00} \times 24,5 = 1,98 \text{ dm}^3 \text{ H}_2.$ <p>Dus totaal ontstaat $1,84 + 1,98 = 3,82 \text{ dm}^3 \text{ H}_2$.</p>
15	A	<p>Stel de molaire massa is gelijk aan M, dan is $6,17 \text{ g } \frac{6,17}{M} \text{ mol}$.</p> <p>Uit $pV = nRT$ volgt $M = \frac{6,17 \times 8,314 \times (273 + 23)}{1,01 \cdot 10^5 \times 10^{-3}} = 150 \text{ g mol}^{-1}$.</p> <p>Dit is de molaire massa van C_3F_6.</p>
16	C	<p>Stel $[\text{Ca}^{2+}] = x \text{ mol L}^{-1}$. Dan is $[\text{OH}^-] = 2x \text{ mol L}^{-1}$. Dan geldt $x \cdot (2x)^2 = 4x^3 = 5,0 \cdot 10^{-6}$.</p> <p>Dus $x = \sqrt[3]{\frac{5,0 \cdot 10^{-6}}{4}} = 1,1 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$.</p>

Reactiesnelheid en evenwicht

17	C	<p>Voor de eerste orde reactie geldt $\ln \frac{[N_2O]_0}{[N_2O]_t} = kt$. Voor gassen is bij constant volume en temperatuur de concentratie evenredig met de partiële druk, dus $\ln \frac{[N_2O]_0}{[N_2O]_t} = \ln \frac{(p_{N_2O})_0}{(p_{N_2O})_t}$.</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 0 10px;"></td> <td style="text-align: center;">$2 N_2O(g)$</td> <td style="text-align: center;">\rightarrow</td> <td style="text-align: center;">$2 N_2(g)$</td> <td style="text-align: center;">$+$</td> <td style="text-align: center;">$O_2(g)$</td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 10px;">begin partiële druk</td> <td style="text-align: center;">2,3 atm</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0 atm</td> <td></td> <td style="text-align: center;">0 atm</td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 10px;">afname/toename</td> <td style="text-align: center;">x atm</td> <td></td> <td style="text-align: center;">x atm</td> <td></td> <td style="text-align: center;">$\frac{1}{2} x$ atm</td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 10px;">partiële drukken op tijdstip t</td> <td style="text-align: center;">$(2,3 - x)$ atm</td> <td></td> <td style="text-align: center;">x atm</td> <td></td> <td style="text-align: center;">$\frac{1}{2} x$ atm</td> </tr> </table> <p>Op tijdstip t is dus $(2,3 - x) + x + \frac{1}{2} x = 3,0$. Hieruit volgt $x = 1,4$. De partiële druk van N_2O is dus met 1,4 atm afgenomen, dus op tijdstip t is $(p_{N_2O})_t = 2,3 - 1,4 = 0,9$ atm</p> <p>Uit $\ln \frac{(p_{N_2O})_0}{(p_{N_2O})_t} = \ln \frac{2,3}{0,9} = 0,38t$ volgt $t = 2,5$ s.</p>		$2 N_2O(g)$	\rightarrow	$2 N_2(g)$	$+$	$O_2(g)$	begin partiële druk	2,3 atm		0 atm		0 atm	afname/toename	x atm		x atm		$\frac{1}{2} x$ atm	partiële drukken op tijdstip t	$(2,3 - x)$ atm		x atm		$\frac{1}{2} x$ atm
	$2 N_2O(g)$	\rightarrow	$2 N_2(g)$	$+$	$O_2(g)$																					
begin partiële druk	2,3 atm		0 atm		0 atm																					
afname/toename	x atm		x atm		$\frac{1}{2} x$ atm																					
partiële drukken op tijdstip t	$(2,3 - x)$ atm		x atm		$\frac{1}{2} x$ atm																					
18	D	<p>In geval I is de entropieverandering de drijvende kracht voor de reactie naar rechts en de enthalpieverandering de drijvende kracht voor de reactie naar links. In geval II is de entropieverandering de drijvende kracht voor de reactie naar links en de enthalpieverandering de drijvende kracht voor de reactie naar rechts</p>																								

Analyse

19	E	<p>De molaire massa van $CaC_2O_4 \cdot 2H_2O$ is $164,1 \text{ g mol}^{-1}$. Na de massadaling bij I is nog 78% van de oorspronkelijke massa over. Bij I daalt de massa dus met 22%; dat is per mol $CaC_2O_4 \cdot 2H_2O$ $0,22 \times 164,1 = 36$ g. Dat is de massa van 2 mol H_2O. Dus bij I ontwijkt $H_2O(g)$. Na de massadaling bij II is nog 61% van de oorspronkelijke massa over. Bij II daalt de massa dus met $78 - 61 = 17\%$; dat is per mol $CaC_2O_4 \cdot 2H_2O$ $0,17 \times 164,1 = 28$ g. Dat is de massa van 1 mol CO. Dus bij II ontwijkt $CO(g)$. Dan ontwijkt bij III dus $CO_2(g)$.</p>
20	G	<p>Er stelt zich een dynamisch evenwicht in, waarin CH_3COO^2H gevormd wordt. De piek bij $m/z = 43$ in het massaspectrum van (gewoon) azijnzuur is afkomstig van fragmenten CH_3CO^+. Deze fragmenten worden ook gevormd als een massaspectrum van CH_3COO^2H wordt opgenomen. De piek bij $m/z = 45$ in het massaspectrum van (gewoon) azijnzuur is afkomstig van fragmenten $COOH^+$. Als een massaspectrum van CH_3COO^2H wordt opgenomen, worden dit dus fragmenten COO^2H^+ en die zijn in het spectrum te zien bij $m/z = 46$. De piek bij $m/z = 60$ in het massaspectrum van (gewoon) azijnzuur is de molecuulionpiek. De molecuulionpiek in het massaspectrum van CH_3COO^2H komt bij $m/z = 61$.</p>

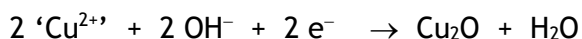
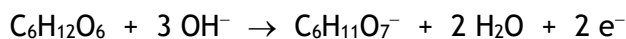
Open opgaven

(totaal 55 punten)

■ Opgave 2 Glucosebepaling

18 punten

□1 Maximumscore 4



- in de eerste vergelijking $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ en OH^- links van de pijl en $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_7^-$ en H_2O rechts van de pijl 1
- in deze vergelijking e^- rechts van de pijl en juiste coëfficiënten 1
- in de andere vergelijking $\text{'Cu}^{2+}\text{'}$ en OH^- links van de pijl en Cu_2O en H_2O rechts van de pijl 1
- in deze vergelijking e^- links van de pijl en juiste coëfficiënten 1

Opmerking

Wanneer de aanhalingstekens rond 'Cu²⁺' niet zijn weergegeven, dit niet aanrekenen.

□2 Maximumscore 5

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$\frac{2,30 \times 0,0385}{10,00} \times \frac{1,50}{10,0 \times 10^{-3}} = 1,33 \text{ (mol L}^{-1}\text{)}$$

- aflezen van het aantal mL 0,0385 M koper(II)sulfaatoplossing dat hoort bij extinctie 0,48: 2,30 (mL) 1
- berekening van het aantal mmol Cu^{2+} in het afgelezen volume koper(II)sulfaatoplossing: het afgelezen aantal mL vermenigvuldigen met 0,0385 (mmol mL⁻¹) 1
- berekening van de $[\text{Cu}^{2+}]$ in het afgelezen volume koper(II)sulfaatoplossing: het aantal mmol Cu^{2+} in het afgelezen volume koper(II)sulfaatoplossing delen door 10,00 (mL) 1
- berekening van de verdunningsfactor: 1,50 (mL) delen door 10,0 (μL) en door 10⁻³ (μL mL⁻¹) 1
- berekening van $[\text{Cu}^{2+}]$ in het Fehling A: de $[\text{Cu}^{2+}]$ in het afgelezen volume koper(II)sulfaatoplossing vermenigvuldigen met de verdunningsfactor 1

□3 Maximumscore 6

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$\frac{\frac{1}{2} \times 70,0 \times 0,123}{13,05} \times 40,0 \times 180,16 \times 100\% = 94,3\%$$
$$\frac{\quad}{2,52 \times 10^3}$$

- berekening van het aantal mmol 'Cu²⁺' in het gebruikte Fehlingsreagens: 70,0 (mL) vermenigvuldigen met 0,123 (mmol mL⁻¹) 1
- berekening van het aantal mmol glucose dat daarmee reageert: het aantal mmol 'Cu²⁺' in het gebruikte Fehlingsreagens vermenigvuldigen met 1/2 1
- berekening van de glucoseconcentratie in de oplossing van het dextrosetablet: het aantal mmol glucose dat heeft gereageerd, delen door 13,05 (mL) 1
- berekening van het aantal mmol glucose in het dextrosetablet: de glucoseconcentratie in de oplossing van het dextrosetablet vermenigvuldigen met 40,0 (mL) 1
- berekening van het aantal mg glucose in het dextrosetablet: het aantal mmol glucose in het dextrosetablet vermenigvuldigen met de molaire massa van glucose (is gelijk aan 180,16 mg mmol⁻¹) 1
- berekening van het massapercentage glucose in het dextrosetablet: het aantal mg glucose in het dextrosetablet delen door 2,52 (g) en door 10³ (mg g⁻¹) en vermenigvuldigen met 100(%) 1

□4 Maximumscore 1

Een juist antwoord kan als volgt geformuleerd zijn:

Voor het maken van de ijklijn heeft ze de beschikking over een koper(II)sulfaatoplossing waarvan de molariteit bekend is. Die zou ze gewoon kunnen gebruiken als Fehling A. Ik ben het dus met Irene eens.

Opmerking

Wanneer een antwoord is gegeven als: „Ik ben het niet met Irene eens. Je zou de standaardoplossing wel kunnen gebruiken, maar die is veel te verdund om voor de titratie te gebruiken (je hebt dan heel weinig oplossing van het dextrosetablet nodig en dat maakt de bepaling onnauwkeurig).” dit goed rekenen.

□5 Maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

$$c_d = \frac{V_d}{V_{st}} \times c_{st}$$

- verhouding $\frac{V_d}{V_{st}}$ juist 1
- de verhouding tussen de titratieresultaten vermenigvuldigen met c_{st} 1

Opmerking

Wanneer een antwoord als $\frac{V_d}{V_{st}} = \frac{c_d}{c_{st}}$ is gegeven, dit goed rekenen.

Opgave 3 Het Mondproces

15 punten

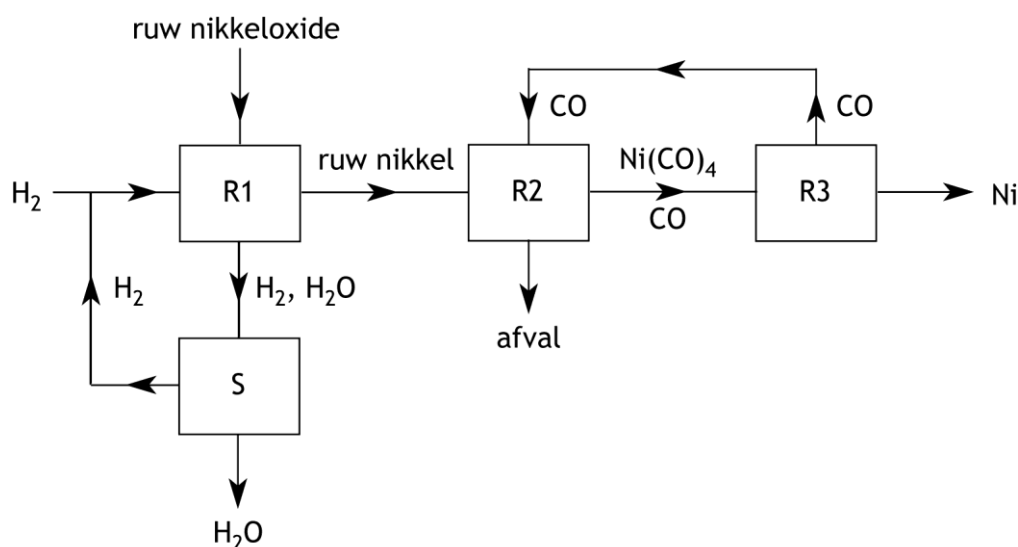
▣6 Maximumscore 3



- alle formules links en rechts van de pijl juist 1
- Fe balans, Ni balans en S balans kloppend 1
- O balans kloppend 1

▣7 Maximumscore 4

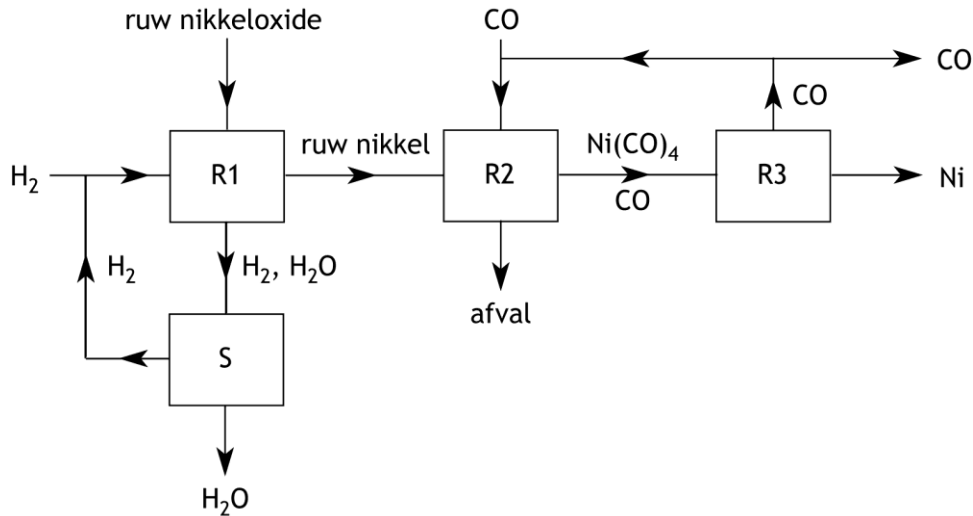
Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



- blok getekend voor de scheidingsruimte S, met invoer van H_2 en H_2O , uitvoer van H_2O dat wordt afgevoerd en uitvoer van H_2 dat wordt teruggeleid naar reactor R1 1
- blok getekend voor reactor R2, aangesloten op de uitvoer van ruw nikkel uit reactor R1 en als invoer CO en als uitvoer afval 1
- blok getekend voor reactor R3, met als invoer $\text{Ni}(\text{CO})_4$ en CO uit reactor R2 en als uitvoer CO enerzijds en (zuiver) Ni anderzijds 1
- terugvoer van CO uit reactor R3 naar reactor R2 1

Opmerkingen

- Wanneer onderstaand blokschema is gegeven, dit goed rekenen.



- Wanneer in bovenstaand blokschema de afvoer van de overmaat CO samen met de uitvoer van het afval uit reactor R2 is getekend, dit goed rekenen.

□8 Maximumscore 5

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

De reactievergelijking is: $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{Fe}(\text{s}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$

$$\Delta_r H = + 3 \times (-2,42 \cdot 10^5) - (-8,24 \cdot 10^5) = + 0,98 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$$

$$\Delta_r S = + (2 \times 27 + 3 \times 189) - (87 + 3 \times 131) = + 141 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

Er wordt ijzer gevormd als $\Delta_r G < 0$, dus als $\Delta_r H - T\Delta_r S < 0$, dus als

$$T > \frac{\Delta_r H}{\Delta_r S} = \frac{0,98 \cdot 10^5}{141} = 695 \text{ K}, \text{ dat is boven } 473 \text{ K}, \text{ dus de reactie treedt niet op.}$$

- juiste reactievergelijking 1
- juiste berekening van de $\Delta_r H$ 1
- juiste berekening van de $\Delta_r S$ 1
- juiste berekening van de minimale temperatuur waarbij de reactie kan plaatsvinden 1
- vergelijking van de berekende minimale temperatuur met de temperatuur in R1 en conclusie 1

Opmerking

Wanneer in de reactievergelijking geen toestandsaanduidingen zijn vermeld, dit niet aanrekenen.

□9 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

In reactor 3 geldt $\Delta_r G(500) = -165 \times 10^3 - 500 \times (-405) = +3,75 \cdot 10^4 \text{ J mol}^{-1}$.

Dus $K(500) = e^{\frac{\Delta_r G}{RT}} = e^{\frac{3,75 \cdot 10^4}{8,314 \cdot 500}} = 1,21 \cdot 10^{-4}$; dit is een heel klein getal, dus ligt het evenwicht uiterst links.

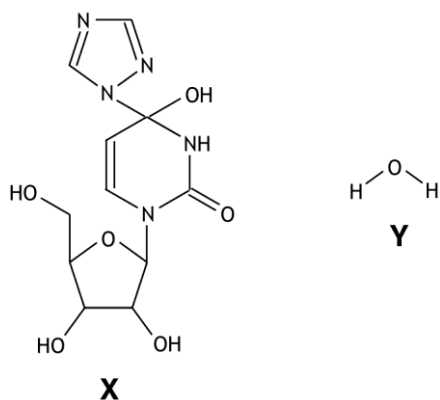
- berekening van $\Delta_r G$ bij 500 K 1
- berekening van de evenwichtsconstante bij 500 K 1
- de evenwichtsconstante is een heel klein getal en conclusie 1

Opgave 4 Molnupiravir

22 punten

□10 Maximumscore 2

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



· juiste structuurformule van X

1

· juiste structuurformule van Y

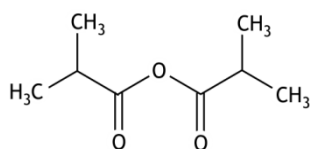
1

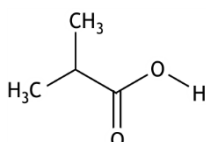
Opmerking

Wanneer de molecuulformule H_2O is gegeven in plaats van de structuurformule, dit niet aanrekenen.

□11 Maximumscore 2

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



Indien als antwoord de structuurformule  is gegeven

1

□12 Maximumscore 2

De omzetting van **3** tot **4** is een nucleofiele substitutiereactie.

· nucleofiele

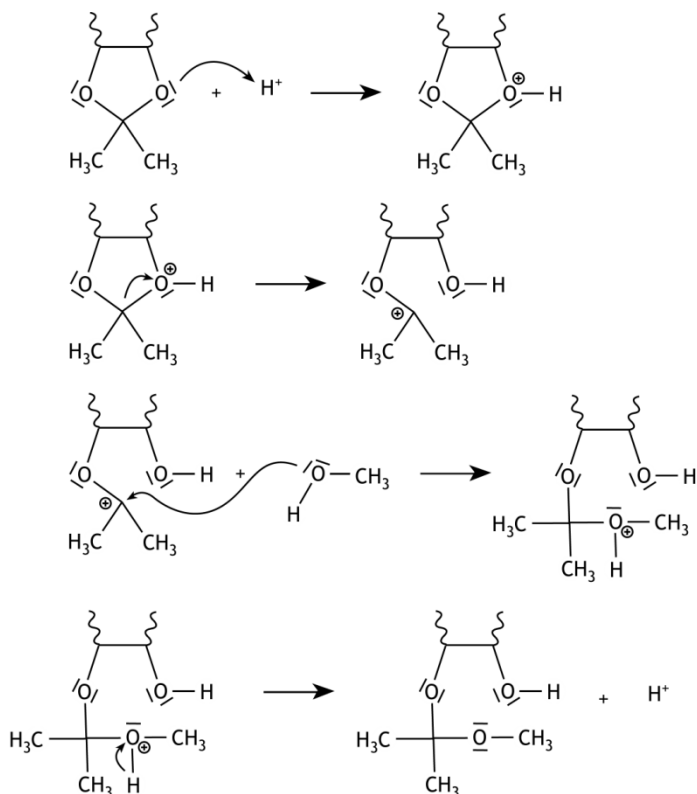
1

· substitutiereactie

1

□13 Maximumscore 8

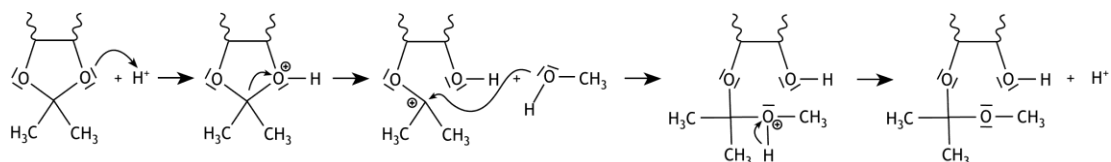
Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



- structuurformules in stap 1 juist 1
- niet-bindende elektronenparen, kromme pijl en formele ladingen in stap 1 juist 1
- structuurformules in stap 2 juist 1
- niet-bindende elektronenparen, kromme pijl en formele ladingen in stap 2 juist 1
- structuurformules in stap 3 juist 1
- niet-bindende elektronenparen, kromme pijl en formele ladingen in stap 3 juist 1
- structuurformules in stap 4 juist 1
- niet-bindende elektronenparen, kromme pijl en formele ladingen in stap 4 juist 1

Opmerkingen

- Wanneer niet-bindende elektronenparen op het O atoom van de linker ethergroep niet zijn getekend, dit niet aanrekenen.
- Wanneer het mechanisme bijvoorbeeld als volgt is weergegeven:



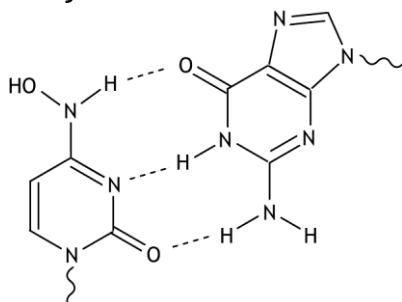
dit goed rekenen.

- 14 Maximumscore 3
Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$\frac{1,0}{244,2} \times 0,88 \times 0,69 \times 329,3 = 0,82 \text{ g}$$

- juiste verwerking van de factor $\frac{329,3}{244,2}$ 1
- juiste verwerking van de opbrengst 88% 1
- juiste verwerking van de opbrengst 69% 1

- 15 Maximumscore 3
Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



- de waterstofbruggen aan de dubbelgebonden O atomen juist getekend 1
- de andere waterstofbrug juist getekend 1
- rest van de structuurformules juist 1

Opmerking

Wanneer de OH groep van de M – eenheid op een juiste wijze bij een waterstofbrug is betrokken, dit goed rekenen.

- 16 Maximumscore 2
Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:

- (+) streng C
- (–) streng G
- (+) streng M
- (–) streng A
- (+) streng U

- volgorde ‘C wordt G wordt M’ juist 1
- volgorde ‘M wordt A wordt U’ juist 1

Opmerking

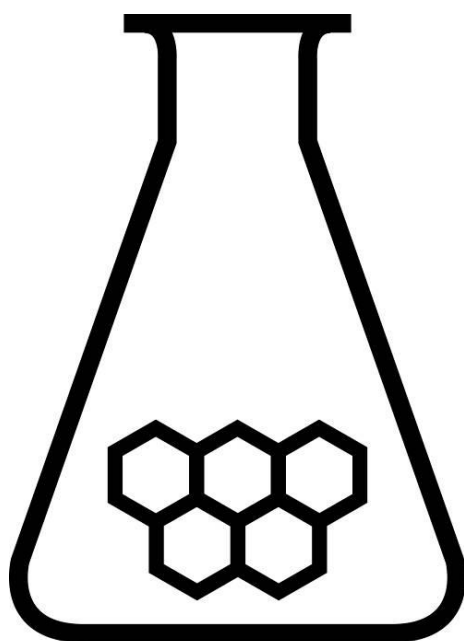
Wanneer duidelijk is in welke volgorde het schema gelezen dient te worden en de aanduidingen (+) streng en (–) streng niet zijn vermeld, dit niet aanrekenen.

43^e Nationale Scheikundeolympiade

Eindronde 2022

Open vragen toets
correctievoorschrift

2 juni 2022



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



54th IChO 2022

International Chemistry Olympiad



TIANJIN, CHINA



- Deze toets bestaat uit 6 opgaven met in totaal 21 open vragen.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 74 punten (geen bonuspunten).
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 6^e druk of ScienceData 1^e druk.
- 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.

Open opgaven

(totaal 74 punten)

■ Opgave 1 Pyriet

11 punten

□1 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Er zitten $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ Fe^{2+} ionen in de eenheidscel, dus 4 eenheden FeS_2 .

De massa van de eenheidscel is dus $4 \times 119,97$ u, of $4 \times 119,97 \times 1,66 \cdot 10^{-27}$ kg.

Als de ribbe van de eenheidscel a m is, geldt voor de dichtheid

$$\rho = \frac{4 \times 119,97 \times 1,66 \cdot 10^{-27}}{a^3} = 5,01 \cdot 10^3, \text{ dus}$$

$$a = \sqrt[3]{\frac{4 \times 119,97 \times 1,66 \cdot 10^{-27}}{5,01 \cdot 10^3}} \times 10^{12} = 542 \text{ pm}. \text{ De kleinste afstand tussen twee } \text{Fe}^{2+} \text{ ionen}$$

is dan $\frac{1}{2} \times 542 \times \sqrt{2} = 383 \text{ pm}$.

- juiste berekening van het aantal Fe^{2+} ionen in de eenheidscel 1
- berekening van de massa van de eenheidscel in kg: het aantal FeS_2 eenheden in de eenheidscel (is gelijk aan het aantal Fe^{2+} ionen in de eenheidscel) vermenigvuldigen met 119,97 (u) en met $1,66 \cdot 10^{-27}$ (kg u⁻¹) 1
- berekening van de ribbe van de eenheidscel in pm: de derdemachtswortel uit de massa van de eenheidscel in kg gedeeld door $5,01 \cdot 10^{-3}$ (kg m⁻³) en de uitkomst vermenigvuldigen met 10^{12} (pm m⁻¹) 1
- berekening van de kleinste afstand tussen de kernen van twee Fe^{2+} ionen: de ribbe van de eenheidscel vermenigvuldigen met $\frac{1}{2} \times \sqrt{2}$ 1

□2 Maximumscore 4

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

In 0,2000 g Fe_2O_3 zit $\frac{0,2000}{159,69} \times 2 = 2,505 \cdot 10^{-3}$ mol Fe^{3+} . Dus in de hoeveelheid onderzocht

pyriet zat $2,505 \cdot 10^{-3}$ mol Fe^{2+} .

In 1,1087 g BaSO_4 zit $\frac{1,1087}{233,39} = 4,7504 \cdot 10^{-3}$ mol S en die hoeveelheid zat ook in het

onderzochte pyriet.

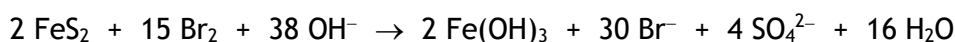
De molverhouding Fe : S in het onderzochte pyriet is dus

$2,505 \cdot 10^{-3} : 4,7504 \cdot 10^{-3} = 1,000 : 1,896$.

De formule van het onderzochte pyriet is dus $\text{FeS}_{1,896}$, dus $x = 0,104$.

- berekening van het aantal mol Fe_2O_3 : 0,2000 (g) delen door de molaire massa van Fe_2O_3 (159,69 g mol⁻¹) 1
- berekening van het aantal mol Fe in de onderzochte hoeveelheid pyriet: het aantal mol Fe_2O_3 vermenigvuldigen met 2 1
- berekening van het aantal mol S in de onderzochte hoeveelheid pyriet: 1,1087 (g) delen door de molaire massa van BaSO_4 (233,39 g mol⁻¹) 1
- berekening van de molverhouding Fe : S in het onderzochte pyriet en conclusie 1

□3 Maximumscore 3



- Br, Fe en S balans juist 1
- O balans en ladingsbalans juist 1
- H balans en ladingsbalans juist 1

■ Opgave 2 Argentometrie met Volhard

28 punten

□4 Maximumscore 3

Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:

Twee van de vijf d orbitalen ($d_{x^2-y^2}$ en d_{z^2}), de e orbitalen, zijn gericht naar de

hoekpunten van de octaëder en de andere drie (d_{xy} , d_{yz} en d_{xz}), de t orbitalen, zijn gericht naar een positie tussen de hoekpunten van de octaëder. Elektronen die zich in een e orbitaal bevinden, worden afgestoten door de elektronen van de liganden, terwijl elektronen die zich in een t orbitaal bevinden veel minder worden afgestoten door de elektronen van de liganden. Daardoor hebben de e orbitalen een hogere energie dan de t orbitalen.

- notie dat de e orbitalen gericht zijn naar de hoekpunten van de octaëder en de t orbitalen gericht zijn naar een positie tussen de hoekpunten van de octaëder 1
- e elektronen worden sterker afgestoten door de elektronen van de liganden dan t elektronen 1
- conclusie 1

□5 Maximumscore 3

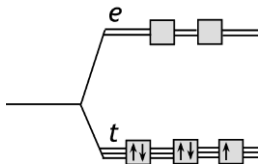
Een voorbeeld van een juiste berekening is:
De ligandveldsplittingsenergie voor één complex is:

$$\Delta_o = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ (Js)} \times 2,998 \cdot 10^8 \text{ (ms}^{-1}\text{)}}{447 \cdot 10^{-9} \text{ (m)}};$$

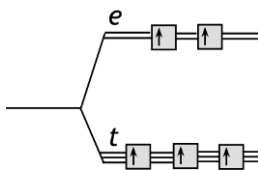
dat is $\frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ (Js)} \times 2,998 \cdot 10^8 \text{ (ms}^{-1}\text{)}}{447 \cdot 10^{-9} \text{ (m)}} \times 6,022 \cdot 10^{23} \text{ (mol}^{-1}\text{)} = 2,68 \cdot 10^5 \text{ (J mol}^{-1}\text{)}.$

- notie dat voor de energie van een foton geldt $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ en dat de ligandveldsplittingsenergie voor één complex gelijk is aan de energie van één foton 1
- berekening van de ligandveldsplittingsenergie voor één complex: $6,626 \cdot 10^{-34} \text{ (Js)}$ vermenigvuldigen met $2,998 \cdot 10^8 \text{ (ms}^{-1}\text{)}$ en delen door $447 \cdot 10^{-9} \text{ (m)}$ 1
- omrekening van de ligandveldsplittingsenergie voor één complex naar de ligandveldsplittingsenergie per mol: vermenigvuldigen met het getal van Avogadro 1

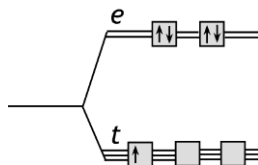
□6 Maximumscore 3



Indien het volgende antwoord is gegeven: 2



Indien een antwoord is gegeven als: 1



□7 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Het equivalentiepunt wordt bereikt als het oorspronkelijk aantal mol Ag^+ gelijk is aan het aantal mol toegevoegd SCN^- . Dan moet, omdat alle reacties in de molverhouding 1 : 1 verlopen, in het equivalentiepunt de $[\text{Ag}^+]$ gelijk zijn aan het totaal van de concentraties van alle SCN^- bevattende deeltjes.

- het equivalentiepunt is bereikt als het oorspronkelijk aantal mol Ag^+ gelijk is aan het aantal mol toegevoegd SCN^- 1
- alle reacties verlopen in de molverhouding 1 : 1 1
- dus moet in het equivalentiepunt de $[\text{Ag}^+]$ gelijk zijn aan het totaal van de concentraties van alle SCN^- bevattende deeltjes 1

□8 Maximumscore 4

Voorbeelden van een juiste berekening zijn:

$$[\text{Ag}^+] = \frac{K_s(\text{AgSCN})}{[\text{SCN}^-]} = \frac{1,0 \cdot 10^{-12}}{[\text{SCN}^-]}, \text{ dit invullen in } [\text{Ag}^+] = [\text{SCN}^-] + [\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}] \text{ levert}$$

$$\frac{1,0 \cdot 10^{-12}}{[\text{SCN}^-]} = [\text{SCN}^-] + 6,4 \cdot 10^{-6}, \text{ of } [\text{SCN}^-]^2 + 6,4 \cdot 10^{-6}[\text{SCN}^-] - 1,0 \cdot 10^{-12} = 0.$$

Dit levert $[\text{SCN}^-] = 1,5 \cdot 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$.

De evenwichtsvoorwaarde van evenwicht 2 is: $\frac{[\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}]}{[\text{Fe}^{3+}][\text{SCN}^-]} = \frac{1}{1,1 \cdot 10^{-3}}$, dus

$$[\text{Fe}^{3+}] = \frac{1,1 \cdot 10^{-3} \times [\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}]}{1,5 \cdot 10^{-7}} = \frac{1,1 \cdot 10^{-3} \times 6,4 \cdot 10^{-6}}{1,5 \cdot 10^{-7}} = 4,7 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}.$$

en

$[\text{Ag}^+] = [\text{SCN}^-] + [\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}]$ invullen in de evenwichtsvoorwaarde van evenwicht 1 levert $([\text{SCN}^-] + [\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}])[\text{SCN}^-] = 1,0 \cdot 10^{-12}$, dus $[\text{SCN}^-]^2 + 6,4 \cdot 10^{-6}[\text{SCN}^-] - 1,0 \cdot 10^{-12} = 0$.

Dit levert $[\text{SCN}^-] = 1,5 \cdot 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$.

De evenwichtsvoorwaarde van evenwicht 2 is: $\frac{[\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}]}{[\text{Fe}^{3+}][\text{SCN}^-]} = \frac{1}{1,1 \cdot 10^{-3}}$, dus

$$[\text{Fe}^{3+}] = \frac{1,1 \cdot 10^{-3} \times [\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}]}{1,5 \cdot 10^{-7}} = \frac{1,1 \cdot 10^{-3} \times 6,4 \cdot 10^{-6}}{1,5 \cdot 10^{-7}} = 4,7 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}.$$

- uitdrukken van de $[\text{Ag}^+]$ in de $[\text{SCN}^-]$: het oplosbaarheidsproduct van AgSCN ($1,0 \cdot 10^{-12}$) delen door de $[\text{SCN}^-]$ 1
- berekening van de $[\text{SCN}^-]$ in het equivalentiepunt: oplossen van de vierkantsvergelijking $[\text{SCN}^-]^2 + 6,4 \cdot 10^{-6}[\text{SCN}^-] - 1,0 \cdot 10^{-12} = 0$ 1
- juiste evenwichtsvoorwaarde van evenwicht 2: $\frac{[\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}]}{[\text{Fe}^{3+}][\text{SCN}^-]} = \frac{1}{1,1 \cdot 10^{-3}}$ 1
- rest van de berekening 1
- of
- invullen van $[\text{Ag}^+] = [\text{SCN}^-] + [\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}]$ in de evenwichtsvoorwaarde van evenwicht 1 1
- berekening van de $[\text{SCN}^-]$ in het equivalentiepunt: oplossen van de vierkantsvergelijking $[\text{SCN}^-]^2 + 6,4 \cdot 10^{-6}[\text{SCN}^-] - 1,0 \cdot 10^{-12} = 0$ 1
- juiste evenwichtsvoorwaarde van evenwicht 2: $\frac{[\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}]}{[\text{Fe}^{3+}][\text{SCN}^-]} = \frac{1}{1,1 \cdot 10^{-3}}$ 1
- rest van de berekening 1

□9 Maximumscore 4

$$\frac{28,4 \times 0,0823 \times \frac{100,0}{10,00} \times 169,87 \times 10^{-3}}{4,00} \times 100 = 99,3\%$$

- berekening van het aantal mmol Ag^+ dat heeft gereageerd (is gelijk aan het aantal mmol toegevoegd SCN^-): 28,4 (mL) vermenigvuldigen met 0,0823 (mmol mL^{-1}) 1
- berekening van het aantal mmol AgNO_3 in het monster: het aantal mmol Ag^+ dat heeft gereageerd, vermenigvuldigen met 100,0 (mL) en delen door 10,00 (mL) 1
- berekening van het aantal g AgNO_3 in het monster: het aantal mmol AgNO_3 in het monster vermenigvuldigen met de molaire massa van AgNO_3 ($169,87 \text{ mg mmol}^{-1}$) en met 10^{-3} (g mg^{-1}) 1
- berekening van het massapercentage: het aantal g AgNO_3 in het monster delen door 4,00 (g) en vermenigvuldigen met 100(%) 1

□10 Maximumscore 2

Een voorbeeld van een juist antwoord is:

Wanneer de $[\text{Fe}^{3+}]$ te klein is, is meer thiocynaat nodig om de rode kleur te zien. De hoeveelheid Ag^+ wordt dan te hoog ingeschat en er wordt dus een te hoge uitkomst verkregen.

- bij de titratie wordt te veel thiocynaat toegevoegd 1
- conclusie 1

□11 Maximumscore 6

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

Voeg aan een bekende hoeveelheid van het mengsel overmaat salpeterzuur toe. (Verwarm de oplossing tot alle koolstofdioxide is verdwenen.) Voeg een bekende hoeveelheid zilvernitraatoplossing met een bekende molariteit in overmaat toe. Filtreer de ontstane suspensie en titreer het filtraat met een kaliumthiocynaatoplossing van bekende molariteit / titreer het filtraat volgens de Volhardmethode.

- aan een bekende hoeveelheid van het mengsel overmaat salpeterzuur toevoegen (en koolstofdioxide verwijderen) 2
- een bekende hoeveelheid zilvernitraatoplossing van bekende molariteit toevoegen 1
- overmaat zilvernitraat gebruiken 1
- het neerslag affiltreren 1
- het filtraat titreren met een kaliumthiocynaatoplossing van bekende molariteit / het filtraat titreren volgens de Volhardmethode 1

Indien in een overigens juist antwoord in het eerste bolletje zoutzuur of zwavelzuur is genoemd 5

en

Voeg aan een bekende hoeveelheid van het mengsel overmaat van een bariumnitraatoplossing toe. Filtreer het neerslag af. Voeg aan het filtraat een bekende hoeveelheid zilvernitraatoplossing met een bekende molariteit in overmaat toe. Filtreer de ontstane suspensie, zuur het filtraat aan en titreer het filtraat met een kaliumthiocyanaatoplossing van bekende molariteit / titreer het filtraat volgens de Volhardmethode.

- aan een bekende hoeveelheid van het mengsel overmaat van een bariumnitraatoplossing toevoegen 1
- het neerslag affiltreren 1
- aan het filtraat een bekende hoeveelheid zilvernitraatoplossing van bekende molariteit toevoegen 1
- overmaat zilvernitraat gebruiken 1
- het neerslag affiltreren 1
- het filtraat aanzuren en titreren met een kaliumthiocyanaatoplossing van bekende molariteit / het filtraat titreren volgens de Volhardmethode 1

■ Opgave 3 Productie van waterstof door ontleding van water 14 punten

□12 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

(Voor de reactie $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g})$ geldt:)

$$\Delta_r G^0 = \Delta_r H^0 - T\Delta_r S^0 = +285,8 \cdot 10^3 - 298 \times (\frac{1}{2} \times 205,2 + 130,6 - 69,9) = +2,371 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$$

- juiste berekening van $\Delta_r H^0$ 1
- juiste berekening van $\Delta_r S^0$ 1
- juiste berekening van $\Delta_r G^0$ 1

Indien een juiste berekening is gegeven van $\Delta_r G^0$ per 2 mol H_2 2

□13 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

(Voor de reactie $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g})$ geldt:)

$$\Delta V_{\text{theoretisch}} = \frac{\Delta_r G^0}{n \times F} = \frac{2,371 \cdot 10^5 \text{ (J mol}^{-1}\text{)}}{2 \times 9,6485 \cdot 10^4 \text{ (C mol}^{-1}\text{)}} = 1,229 \text{ V}$$

- juiste formule voor de berekening van $\Delta V_{\text{theoretisch}}$, eventueel reeds (gedeeltelijk) ingevuld 1
- notie dat 2 elektronen betrokken zijn bij de vorming van 1 mol H_2 1
- juiste berekening van $\Delta V_{\text{theoretisch}}$ in drie decimalen 1

Indien $\Delta V_{\text{theoretisch}}$ is berekend als: $V^0(\text{O}_2) - V^0(\text{H}_2) = 1,230 \text{ V}$ 0

Opmerking

Wanneer een onjuist antwoord op vraag 13 het consequente gevolg is van een onjuist antwoord op vraag 12, dit antwoord op vraag 13 goed rekenen.

□14 Maximumscore 3

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$\eta = \left(\frac{P_{\text{theoretisch}}}{P_{\text{min}}} \times 10^2 (\%) = \frac{I \times \Delta V_{\text{theoretisch}}}{I \times \Delta V_{\text{min}}} \times 10^2 (\%) \right) = \frac{\Delta V_{\text{theoretisch}}}{\Delta V_{\text{min}}} \times 10^2 (\%) = \frac{1,229}{1,6} \times 10^2 (\%) = 77 (\%)$$

- notie dat de verhouding van $P_{\text{theoretisch}} : P_{\text{min}}$ gelijk is aan de verhouding $\Delta V_{\text{theoretisch}} : \Delta V_{\text{min}}$, eventueel impliciet 1
- juiste berekening van de verhouding $\Delta V_{\text{theoretisch}} : \Delta V_{\text{min}}$ 1
- juiste berekening van η 1

Opmerking

Wanneer een onjuist antwoord op vraag 14 het consequente gevolg is van een onjuist antwoord op vraag 13, dit antwoord op vraag 14 goed rekenen.

□15 Maximumscore 5

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$E_{\text{invallend licht}} = P \times \text{oppervlak} \times \Delta t =$$

$$= 1,0 \cdot 10^3 \text{ (J s}^{-1} \text{ m}^{-2}) \times 16 \text{ (mm}^2) \times 10^{-6} \text{ (m}^2 \text{ mm}^{-2}) \times 1,0 \text{ (uur)} \times 3600 \text{ (s uur}^{-1}) = 58 \text{ J}$$

$$n_{\text{H}_2} = \frac{0,37 \text{ (cm}^3) \times 10^{-6} \text{ (m}^3 \text{ cm}^{-3})}{2,45 \cdot 10^{-2} \text{ (m}^3 \text{ mol}^{-1})} = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ mol. Deze hoeveelheid waterstof}$$

vertegenwoordigt een hoeveelheid energie $E_{\text{H}_2} = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ (mol)} \times 2,371 \cdot 10^5 \text{ (J mol}^{-1}) = 3,6 \text{ J.}$

$$\text{Dus } \eta = \frac{E_{\text{H}_2}}{E_{\text{invallend licht}}} \times 10^2 (\%) = \frac{3,6}{58} \times 10^2 (\%) = 6,2 (\%).$$

- juiste berekening van $E_{\text{invallend licht}}$ 1
- juiste berekening van het aantal mol waterstof 1
- juiste berekening van E_{H_2} 2
- juiste berekening van η 1

Indien in een overigens juist antwoord bij de berekening van E_{H_2} $2,85 \cdot 10^5 \text{ (J mol}^{-1})$ is gebruikt in plaats van $2,371 \cdot 10^5 \text{ (J mol}^{-1})$ 4

Opmerking

Wanneer een onjuist antwoord op vraag 15 het consequente gevolg is van een onjuist antwoord op vraag 12, dit antwoord op vraag 15 goed rekenen.

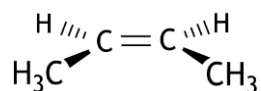
Opgave 4 Broomadditie

5 punten

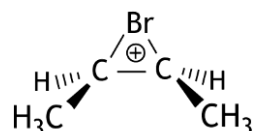
□16 Maximumscore 5

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:

Cis-but-2-een heeft de volgende ruimtelijke structuurformule:

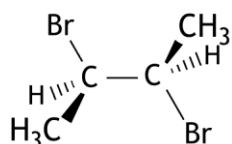


Wanneer dat met broom reageert, ontstaat het volgende intermediair

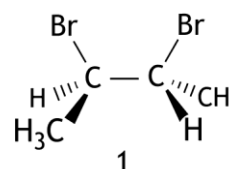


In de volgende stap kan het Br⁻ ion zowel op het rechter als op het linker C atoom van de dubbele binding aangrijpen.

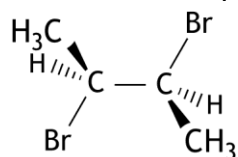
Als het Br⁻ ion op het rechter C atoom aangrijpt, ontstaat:



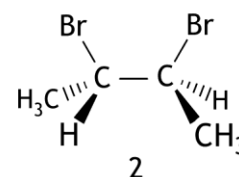
door draaiing rond de C–C binding krijg je



Als het Br⁻ ion op het linker C atoom aangrijpt, ontstaat:

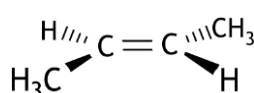


door draaiing rond de C–C binding krijg je

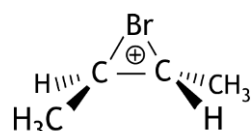


Product 1 en product 2 zijn elkaars spiegelbeeld, er ontstaan dus twee reactieproducten.

Trans-but-2-een heeft de volgende ruimtelijke structuurformule:

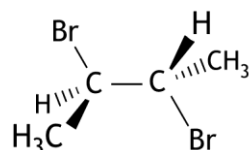


Wanneer dat met broom reageert, ontstaat het volgende intermediair

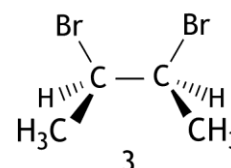


In de volgende stap kan het Br⁻ ion zowel op het rechter als op het linker C atoom van de dubbele binding aangrijpen.

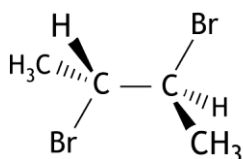
Als het Br⁻ ion op het rechter C atoom aangrijpt, ontstaat:



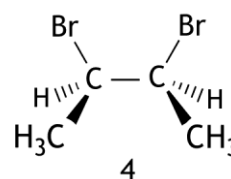
door draaiing rond de C–C binding krijg je



Als het Br⁻ ion op het linker C atoom aangrijpt, ontstaat:



door draaiing rond de C—C binding krijg je



Product 3 en product 4 zijn identiek, er ontstaat dus één reactieproduct.

- juiste structuurformules van *cis*-but-2-een en van *trans*-but-2-een 1
- juiste structuren van de gevormde intermediairen 1
- notie dat het Br⁻ ion in de tweede stap op het rechter en op het linker C atoom kan aangrijpen 1
- uitleg dat de reactieproducten 1 en 2 elkaars spiegelbeeld zijn en conclusie ten aanzien van het aantal reactieproducten met *cis*-but-2-een 1
- uitleg dat de reactieproducten 3 en 4 identiek zijn en conclusie ten aanzien van het aantal reactieproducten met *trans*-but-2-een 1

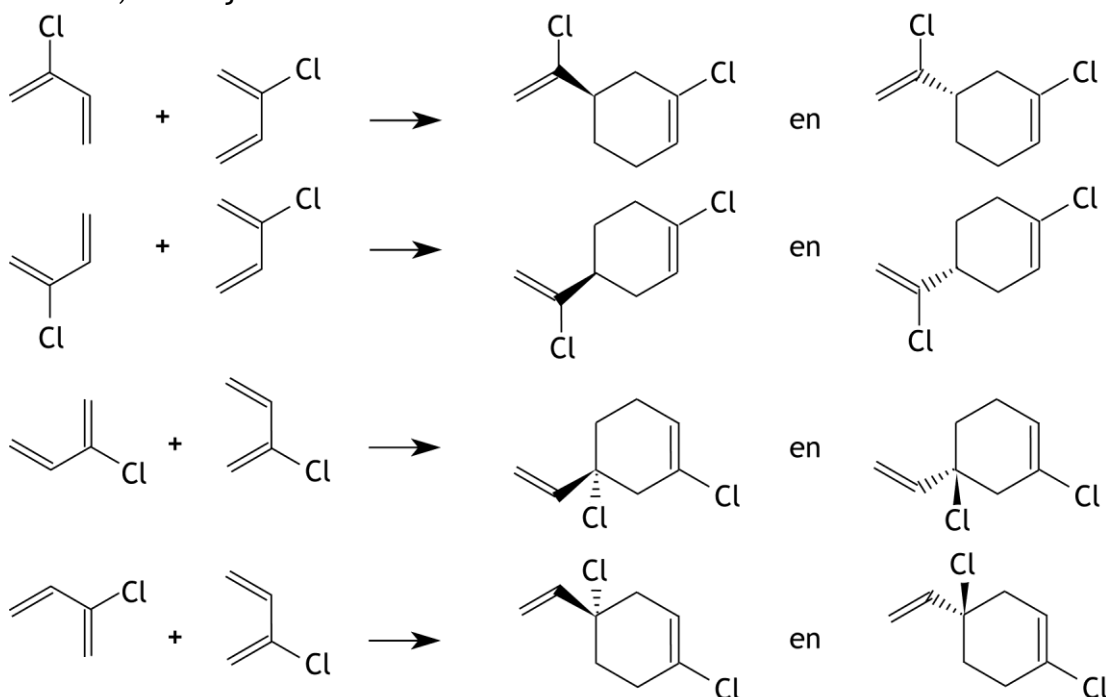
Opgave 5 De Diels-Alder reactie

6 punten

□17 Maximumscore 4

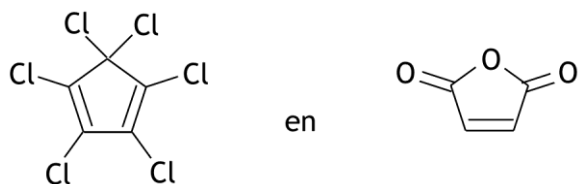
Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:

Twee moleculen 2-chloorbuta-1,3-dieen kunnen op vier manieren aan elkaar gekoppeld worden. In elk van de gevallen kan het dieen het diënofiel van ‘boven’ en van ‘onderen’ naderen, waarbij telkens twee stereo-isomeren ontstaan:



- moleculen 2-chloorbuta-1,3-dieen kunnen op vier manieren aan elkaar gekoppeld worden 1
- juiste structuurformule voor elke koppeling 1
- het dieen en het diënofiel kunnen elkaar in elk van de vier manieren van ‘boven’ en van ‘onderen’ naderen 1
- juiste structuurformules van de stereo-isomeren 1

□18 Maximumscore 2



per juiste structuurformule

1

■ Opgave 6 De malonzuurestersynthese

10 punten

□19 Maximumscore 4

Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:

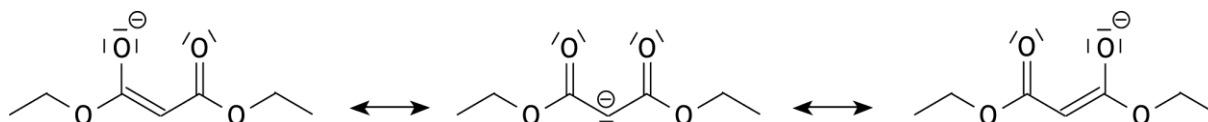
- een singlet, met integraal 2, afkomstig van de H atomen van de middelste CH₂ groep
 - een triplet, met integraal 6, afkomstig van de H atomen van de CH₃ groepen
 - een quartet, met integraal 4, afkomstig van de CH₂ groepen van de ethylgroepen
- een singlet afkomstig van de H atomen van de middelste CH₂ groep 1
- een triplet afkomstig van de H atomen van de CH₃ groepen 1
- een quartet afkomstig van de H atomen van de CH₂ groepen van de ethylgroepen 1
- de integralen juist 1

Opmerking

Wanneer de integralen van de signalen respectievelijk als 1, 3 en 2 zijn weergegeven, dit niet aanrekenen.

□20 Maximumscore 3

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:

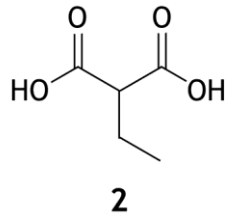
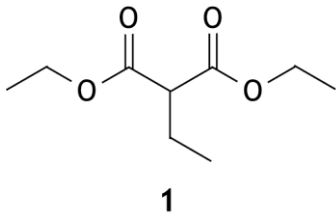


per juiste grensstructuur

1

□21 Maximumscore 3

Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



· structuurformule 1 juist

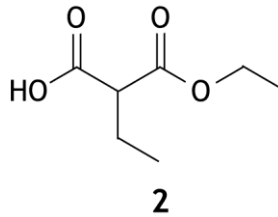
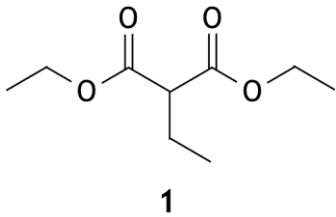
1

· structuurformule 2 juist

2

Indien het volgende antwoord is gegeven:

2

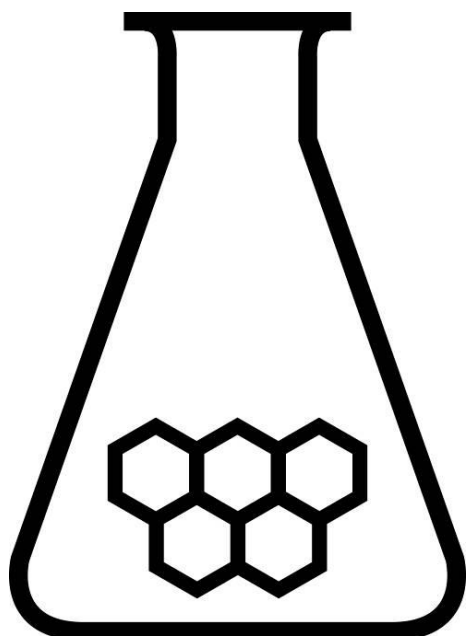


43^e Nationale Scheikundeolympiade

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	$K = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{F}^-]}{[\text{NH}_3][\text{HF}]} = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{H}_3\text{O}^+][\text{F}^-]}{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+][\text{HF}]} = \frac{1}{K_z(\text{NH}_4^+)} \times K_z(\text{HF}) = \frac{6,3 \cdot 10^{-4}}{5,6 \cdot 10^{-10}} = 1,1 \cdot 10^6$

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>$p_{\text{N}_2\text{O}_4} = \frac{0,80}{1,20} \times 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ en $p_{\text{NO}_2} = \frac{0,40}{1,20} \times 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$</p> $K_p = \frac{(p_{\text{NO}_2})^2}{p_{\text{N}_2\text{O}_4}} = \frac{\left(\frac{0,40}{1,20} \times 1,01 \cdot 10^5 \right)^2}{\left(\frac{0,80}{1,20} \times 1,01 \cdot 10^5 \right)} = 1,7 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
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 $2 \text{MnO}_4^- + 5 \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 6 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{Mn}^{2+} + 10 \text{CO}_2 + 8 \text{H}_2\text{O}$.</p> <p>In de eerste proef reageert dus $1,00y$ mmol $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ met</p> $\frac{2}{5} \times 1,00y = 0,400y \text{ mmol MnO}_4^-.$ <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</p> $1,00x - 0,400y = 6,00 \cdot 10^{-4}.$ <p>In de tweede proef reageert dus $1,50y$ mmol $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ met</p> $\frac{2}{5} \times 1,50y = 0,600y \text{ mmol MnO}_4^-.$ <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</p> $E = 2000 \times \frac{1,00x - 0,600y}{2,50} \times 1,00 = 0,320, \text{ of } 1,00x - 0,600y = 4,00 \cdot 10^{-4}.$
----	---	---

Rekenen

18	A	<p>Er wordt $0,100 \times 10,0 \text{ cm}^3$ Fe omgezet. Dat is $0,100 \times 10,0 \times 7,87 \text{ g Fe}$ of</p> $\frac{0,100 \times 10,0 \times 7,87}{55,85} \text{ mol Fe.}$ <p>Daaruit ontstaat $\frac{1}{2} \times \frac{0,100 \times 10,0 \times 7,87}{55,85} \text{ mol Fe}_2\text{O}_3$, of</p> $\frac{1}{2} \times \frac{0,100 \times 10,0 \times 7,87}{55,85} \times 159,69 \text{ g Fe}_2\text{O}_3. \text{ Dat is}$ $\frac{1}{2} \times \frac{0,100 \times 10,0 \times 7,87}{55,85} \times 159,69 = 2,1 \text{ cm}^3 \text{ Fe}_2\text{O}_3.$ <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