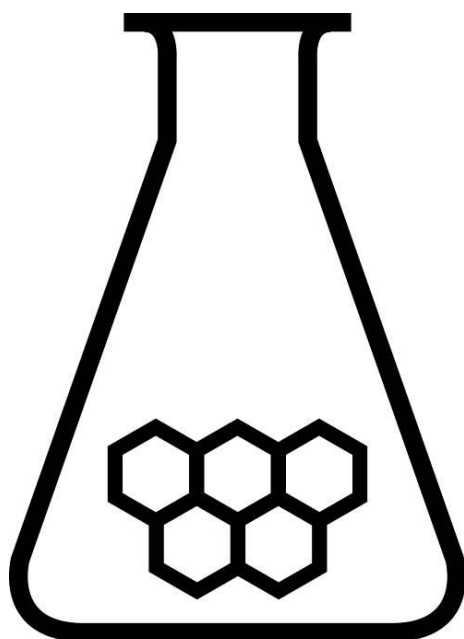


NATIONALE SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2022

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).

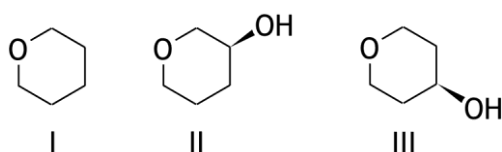
Welk type reactie is dit?

- 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

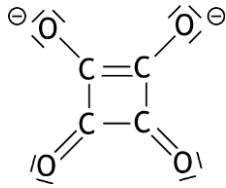
Reactiesnelheid en evenwicht

- 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?

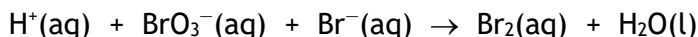
- A Alle koolstof-koolstof bindingslengten zijn gelijk aan elkaar en alle koolstof-zuurstof bindingslengten zijn gelijk aan elkaar.
- B Er zijn twee verschillende koolstof-koolstof bindingslengten, maar alle koolstof-zuurstof bindingslengten zijn gelijk aan elkaar.
- C Er zijn twee verschillende koolstof-koolstof 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

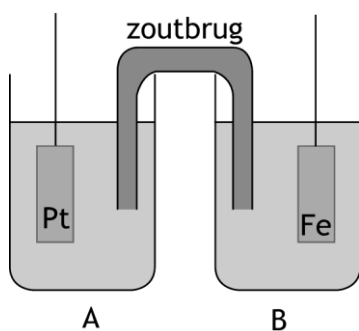
- 11 In een zure oplossing reageren bromaationen en bromide-ionen tot broommoleculen. De onvolledige reactievergelijking, waarin alleen de coëfficiënten ontbreken, is hieronder weergegeven.



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 t 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

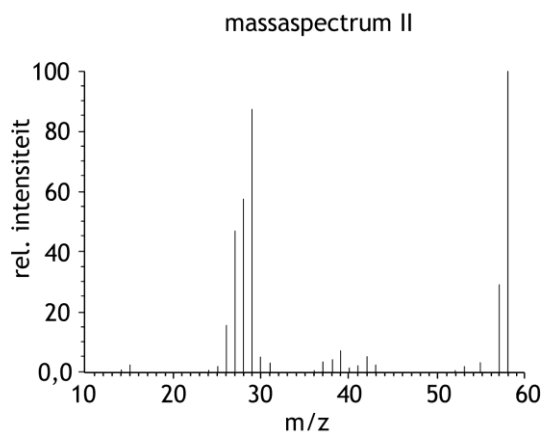
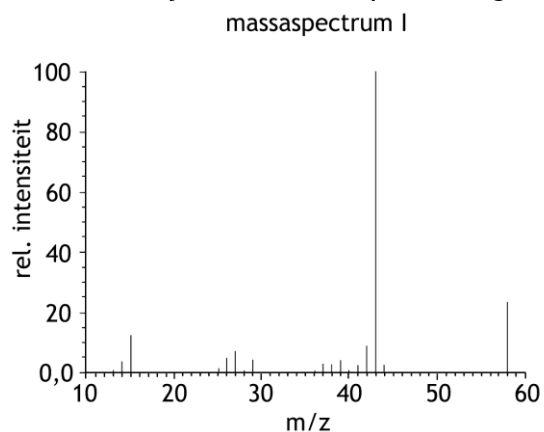
- A $2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2 \text{e}^-$
- B $2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2 \text{e}^-$
- C $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^-$
- D $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^-$
- E $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$
- F $\text{Fe}^{3+}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

aan de negatieve elektrode

- $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$
- $\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}$
- $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$
- $\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Na}$
- $2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2 \text{e}^-$
- $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^-$
- $2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2 \text{e}^-$
- $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^-$

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
- propanal
 - propanon
 - propaan-1-ol
 - propanon
 - propaan-1-ol
 - 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

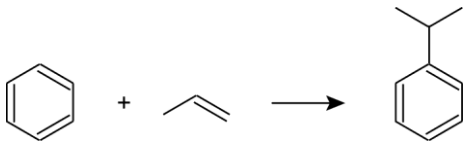
Rekenen

- 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.

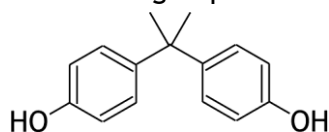
In dat geval kan de bovenbeschreven methode zodanig worden aangepast dat zowel het nitraatgehalte als het ammoniumgehalte afzonderlijk kunnen worden bepaald.

- 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:

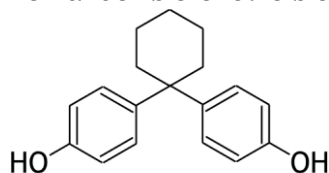


BPA

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

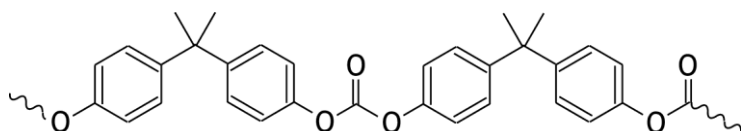
Een ander bisfenol is bisfenol Z, BPZ:



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		