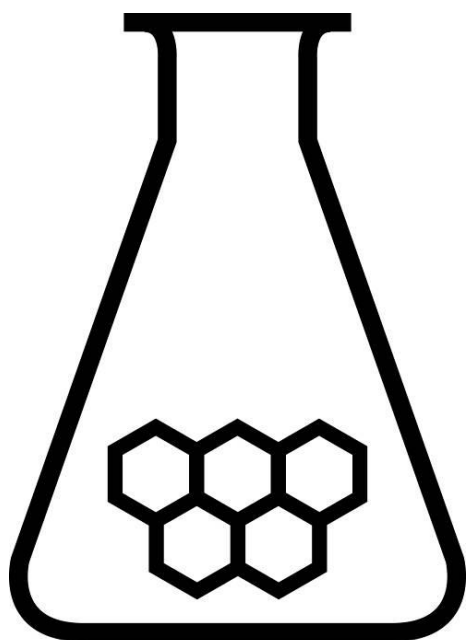


SCHEIKUNDEOLYMPIADE 2022

CORRECTIEMODEL VOORRONDE 1

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



**SCHEIKUNDE
OLYMPIADE**



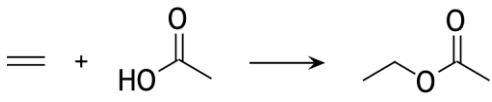
- Deze voorronde bestaat uit 20 meerkeuzevragen verdeeld over 9 onderwerpen en 2 opgaven met in totaal 10 open vragen.
- De maximumscore voor dit werk bedraagt 76 punten (geen bonuspunten).
- Benodigde hulpmiddelen: (grafisch) rekenapparaat en BINAS 6^e druk of ScienceData 1^e druk.
- Bij elke vraag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

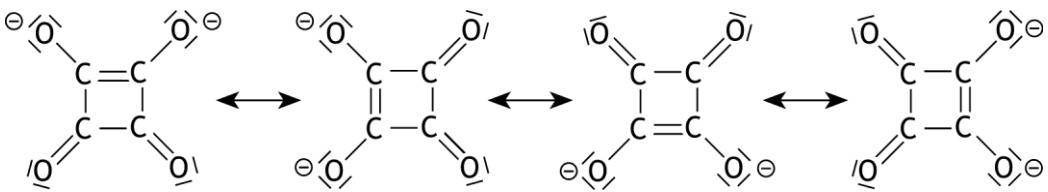
Koolstofchemie

1	A	De reactievergelijking is:  $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$ 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: $[\text{C} \equiv \text{N} - \overset{-1}{\text{O}}]^-$.
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: $6 \text{H}^+(\text{aq}) + \text{BrO}_3^-(\text{aq}) + 5 \text{Br}^-(\text{aq}) \rightarrow 3 \text{Br}_2(\text{aq}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$</p>
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 $\frac{1300(\text{s}) \times 0,35 (\text{C s}^{-1})}{9,65 \cdot 10^4 (\text{C mol}^{-1})} \times \frac{1}{2 (\text{mol mol}^{-1})} \times 63,55 (\text{g mol}^{-1}) = 0,15 \text{ g Cu}$ 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.

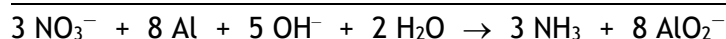
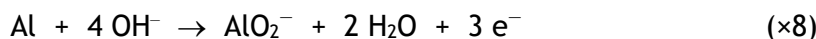
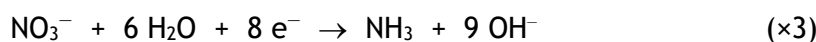
Open opgaven

(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.

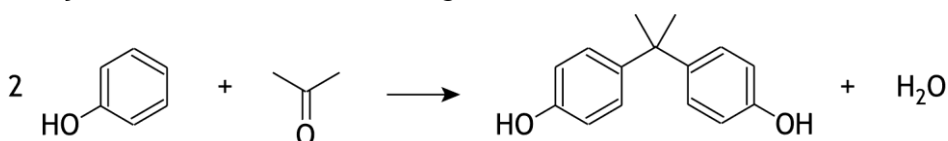
1

■ Opgave 3 Bisfenol A

20 punten

□5 Maximumscore 4

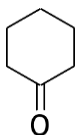
Een juist antwoord kan er als volgt uitzien:



- 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



Indien als antwoord CO_2 of H_2CO_3 is gegeven

1

Indien als antwoord CO_3 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 $5,0 \cdot 10^{-3} \text{ (mL)} \times 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ (g mL}^{-1}\text{)} = 5,0 \cdot 10^{-9} \text{ g BPA}$, oftewel 5,0 ng BPA. In de verzamelde fracties van het dichloormethaan zat dus $(x + 5,0)$ ng BPA. De verhouding

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

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 $10^{-3} \text{ (mL } \mu\text{L}^{-1}\text{)}$ 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 verhoudingen BPA-d16 : BPA die uit beide chromatogrammen volgt:
 $\frac{5987}{235} = 25,5$ voor chromatogram 1 en $\frac{1873}{25} \left(= \frac{5987}{80} \right) = 75$ 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 ($\text{mL L}^{-1}\text{)}$ 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