



Chemie Overal



Noordhoff Uitgevers

Chemie Overal

Uitwerkingen

5 havo

Vijfde editie

Auteurs

Joost Arends
Sjef Buil
Tom Heutmekers
Bertie Spillane
Yvonne Veldema

Eindredacteur

Juleke van Rhijn

Colofon

Vormgeving binnenwerk: Bloemvis design en communicatie, Groningen

Vormgeving omslag: InOntwerp, Assen

Omslagbeeld: Shutterstock

Technisch tekenwerk: Integra Software Services, India

Eventuele op- en aanmerkingen over deze of andere uitgaven kunt u richten aan:
Noordhoff Uitgevers bv, Afdeling Voortgezet onderwijs, Antwoordnummer 13,
9700 VB Groningen of via het contactformulier op www.mijnnoordhoff.nl.

*De informatie in deze uitgave is uitsluitend bedoeld als algemene informatie.
Aan deze informatie kunt u geen rechten of aansprakelijkheid van de auteur(s),
redactie of uitgever ontleenen.*



0 / 19

© 2019 Noordhoff Uitgevers bv, Groningen/Utrecht, The Netherlands

Deze uitgave is beschermd op grond van het auteursrecht. Wanneer u (her)gebruik wilt maken van de informatie in deze uitgave, dient u vooraf schriftelijke toestemming te verkrijgen van Noordhoff Uitgevers bv. Meer informatie over collectieve regelingen voor het onderwijs is te vinden op www.onderwijsauteursrecht.nl.

This publication is protected by copyright. Prior written permission of Noordhoff Uitgevers bv is required to (re)use the information in this publication.

ISBN 978-90-01-81979-8

Inhoud

8 Basen 4

- 8.1 Basen in water 4
- 8.2 pH berekenen van basen 5
- ⊕ 8.3 Zwakke basen 7
- 8.4 Zuur-basereacties 9
- Afsluiting 12

9 Reacties en energie 14

- 9.1 Reactiesnelheid 14
- 9.2 Reactiewarmte 17
- 9.3 Fossiele brandstoffen 19
- 9.4 Duurzame brandstoffen 21
- Afsluiting 24

10 Redoxreacties 27

- 10.1 Elektronenoverdracht 27
- 10.2 Halfreacties 27
- 10.3 Totaalreacties 28
- 10.4 Elektrochemische cellen 30
- Afsluiting 33

11 Kunststoffen 35

- 11.1 Additiepolymerisatie 35
- 11.2 Condensatiepolymerisatie 37
- 11.3 Eigenschappen 39
- 11.4 Verwerking 41
- Afsluiting 44

12 Chemie van het leven 46

- 12.1 Koolhydraten 46
- 12.2 Vetten 47
- 12.3 Eiwitten 49
- Afsluiting 52

13 Duurzaam produceren 55

- 13.1 Groene productie 55
- 13.2 Blokschema's 57
- 13.3 Metalen 60
- 13.4 Veiligheid en milieu 62
- Afsluiting 65

14 Examentraining 68

- 14.1 Centraal examen 68
- 14.2 Reactievergelijkingen 69
- 14.3 Chemisch rekenen 71
- 14.4 Structuurformules 73
- 14.5 Blokschema's 75

Basen

8.1 Basen in water

A 1 

- Een basische oplossing heeft $\text{pH} > 7$.
- Een basische oplossing kleurt lakmoes blauw.
- Een basische oplossing voelt glibberig aan.

A 2

- a** $\text{NH}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$
b ammonia

B 3

- a** Verschil op macroniveau in oplossing: zuur $\text{pH} < 7$ en base $\text{pH} > 7$.
 Verschil op microniveau in oplossing: zuur: H^+ -ionen, base: OH^- -ionen.
b Overeenkomst op macroniveau: beide geleiden stroom in oplossing.
 Overeenkomst op microniveau: beide bestaan uit geladen deeltjes in oplossing.

B 4

- a** Een oplossing geleidt stroom als er ionen in voorkomen.
b Basische oplossingen hebben altijd OH^- -ionen en positieve ionen.
c Zure oplossingen en oplossingen van zouten

A 5 

- a** oxide-ion: O^{2-}
 waterstofcarbonaat: HCO_3^-
b NH_3 is ammoniak, CO_3^{2-} is een carbonaation.

B 6

- a** $\text{Na}_2\text{O}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2 \text{Na}^+(\text{aq}) + 2 \text{OH}^-(\text{aq})$
b natronloog

B 7

- a** $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s}) \rightarrow 2 \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$
b $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{HCO}_3^-(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$

B 8

- a** $\text{Na}_2\text{SO}_3(\text{s}) \rightarrow 2 \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{SO}_3^{2-}(\text{aq})$
b $\text{SO}_3^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{HSO}_3^-(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$

B 9

- a** Gebruik Binas tabel 52A.
- Een deel van de oplossing kleurt thymolblauw blauw. Hieruit volgt: $\text{pH} > 9,6$.
 - Een deel van de oplossing kleurt fenolftaleïne paarsrood. Hieruit volgt: $\text{pH} > 10,0$.
 - Een deel van de oplossing kleurt alizarinegeel-R geel. Hieruit volgt: $\text{pH} < 10,1$.
- De pH ligt dus tussen 10,0 en 10,1.
- b** De eerste proef was niet nodig geweest.

C 10 ★

- a** Bariumhydroxide en bariumoxide
b $\text{BaO (s)} + \text{H}_2\text{O (l)} \rightarrow \text{Ba}^{2+} \text{ (aq)} + 2 \text{ OH}^- \text{ (aq)}$
 $\text{Ba(OH)}_2 \text{ (s)} \rightarrow \text{Ba}^{2+} \text{ (aq)} + 2 \text{ OH}^- \text{ (aq)}$
c Voor beide oplossingen is 1 mol bariumzout nodig. De molaire massa van BaO is kleiner dan de molaire massa van Ba(OH)_2 . Voor 1 mol BaO is dus minder massa nodig.

C 11

- a** Nadelen van lotion: je huid raakt ervan geïrriteerd en hij werkt maar kort omdat de haarwortels blijven zitten.
 Nadelen van hars: je huid raakt geïrriteerd en het is pijnlijk.
b $\text{Ca(OH)}_2 \text{ (s)} \rightarrow \text{Ca}^{2+} \text{ (aq)} + 2 \text{ OH}^- \text{ (aq)}$
 $\text{Sr(OH)}_2 \text{ (s)} \rightarrow \text{Sr}^{2+} \text{ (aq)} + 2 \text{ OH}^- \text{ (aq)}$
 $\text{KOH (s)} \rightarrow \text{K}^+ \text{ (aq)} + \text{OH}^- \text{ (aq)}$
c Molaire massa's zijn 74,093; 100,64 en 56,106 g mol⁻¹. KOH levert slechts 1 mol OH⁻ terwijl de andere zouten 2 mol OH⁻ leveren. Van Ca(OH)_2 heb je het minste nodig.
d Van KOH heb je het meeste nodig.
 $2 \times 56,106 > \text{dan } 100,64$

8.2 pH berekenen van basen

A 12 ⓪

- a** $\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$
b $[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}}$

A 13 ⓪

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14,00$$

A 14 ⓪

- a** 2
b 2
c 5

B 15

- a** $\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log 0,5 = 0,30 \rightarrow \text{pH} = 14,00 - 0,30 = 13,70$
b $\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log 0,05 = 1,30 \rightarrow \text{pH} = 14,00 - 1,30 = 12,70$
c $\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log 0,00679 = 2,168 \rightarrow \text{pH} = 14,00 - 2,168 = 11,832$
d $\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log 1,0527 = -0,02230 \rightarrow \text{pH} = 14,00 - (-0,02230) = 14,02230$

B 16

- a** 1 mol KOH levert 1 mol OH⁻ → $[\text{OH}^-] = 0,015 \text{ M}$
 $\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log 0,015 = 1,82 \rightarrow \text{pH} = 14,00 - 1,82 = 12,18$
b 1 mol NaOH levert 1 mol OH⁻ → $[\text{OH}^-] = 0,125 \text{ M}$
 $\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log 0,125 = 0,903 \rightarrow \text{pH} = 14,00 - 0,903 = 13,097$
c 1 mol Ba(OH)_2 levert 2 mol OH⁻ → $[\text{OH}^-] = 2 \times 0,0045 \text{ M} = 0,0090 \text{ M}$
 $\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log 0,0090 = 2,05 \rightarrow \text{pH} = 14,00 - 2,05 = 11,95$

C 17 ★

- a** $2 \text{ CaO (s)} + 5 \text{ C (s)} \rightarrow 2 \text{ CaC}_2 \text{ (s)} + \text{CO}_2 \text{ (g)}$
b $\text{CaC}_2 \text{ (s)} + 2 \text{ H}_2\text{O (l)} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 \text{ (s)} + \text{C}_2\text{H}_2 \text{ (g)}$
c $2 \text{ C}_2\text{H}_2 \text{ (g)} + 5 \text{ O}_2 \text{ (g)} \rightarrow 4 \text{ CO}_2 \text{ (g)} + 2 \text{ H}_2\text{O (l)}$
d $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$
e De molaire massa van CaC_2 is 64,10 g mol⁻¹. Dus 1,20 g CaC_2 is $\frac{1,20}{64,10} = 0,0187 \text{ mol}$.
f Uit 1 mol CaC_2 ontstaat 1 mol Ca(OH)_2 en dus 2 mol OH⁻. Er is $2 \times 0,0187 = 0,0374 \text{ mol OH}^-$ ontstaan.

$$g \text{ [OH]} = \frac{0,0374}{5,0} = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$h \text{ pOH} = -\log [\text{OH}] = -\log 7,5 \cdot 10^{-3} = 2,13 \rightarrow \text{pH} = 14,00 - 2,13 = 11,87$$

A 18 

- a** 2
b 3
c 1

B 19

- a** $\text{pH} = 9,80 \rightarrow \text{pOH} = 14,00 - 9,80 = 4,20 \rightarrow [\text{OH}] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-4,20} = 6,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$
b $\text{pH} = 9,15 \rightarrow \text{pOH} = 14,00 - 9,15 = 4,85 \rightarrow [\text{OH}] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-4,85} = 1,4 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$
c $\text{pH} = 10,5 \rightarrow \text{pOH} = 14,00 - 10,5 = 3,5 \rightarrow [\text{OH}] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-3,5} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$

B 20

Je berekent eerst de $[\text{OH}^-]$ uit de pH. 1 mol NaOH levert 1 mol OH^- . Je weet dus hoeveel mol je in 1 L moet oplossen. In 100 mL is dat 10 maal zo weinig, want 1000 mL is 1 L.

- a** $\text{pH} = 13,05 \rightarrow \text{pOH} = 14,00 - 13,05 = 0,95 \rightarrow [\text{OH}] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-0,95} = 0,11 \text{ mol L}^{-1}$
 In 100 mL is dat 0,011 mol.
b $\text{pH} = 12,380 \rightarrow \text{pOH} = 14,00 - 12,380 = 1,620 \rightarrow [\text{OH}] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-1,620} = 2,40 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$
 In 100 mL is dat $2,40 \cdot 10^{-3}$ mol.
c $\text{pH} = 10,9 \rightarrow \text{pOH} = 14,00 - 10,9 = 3,1 \rightarrow [\text{OH}] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-3,1} = 8 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$
 In 100 mL is dat $8 \cdot 10^{-5}$ mol.

B 21

Je berekent eerst de $[\text{OH}^-]$ uit de pH. 1 mol KOH levert 1 mol OH^- . Je weet dus hoeveel mol je in 1 L moet oplossen. In 10 L is dat 10 maal zo veel. Als je het aantal mol weet, moet je nog met de molaire massa $56,106 \text{ g mol}^{-1}$ vermenigvuldigen om het aantal gram te vinden.

- a** $\text{pH} = 7,50 \rightarrow \text{pOH} = 14,00 - 7,50 = 6,50 \rightarrow [\text{OH}] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-6,50} = 3,2 \cdot 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$
 In 10 L is dat $3,2 \cdot 10^{-6}$ mol. De massa is dan $3,2 \cdot 10^{-6} \times 56,106 = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ g}$.
b $\text{pH} = 13,50 \rightarrow \text{pOH} = 14,00 - 13,50 = 0,50 \rightarrow [\text{OH}] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-0,50} = 0,32 \text{ mol L}^{-1}$
 In 10 L is dat 3,2 mol. De massa is dan $3,2 \times 56,106 = 1,8 \cdot 10^2 \text{ g}$.

C 22 ★

- a** In opgave 21 heb je gezien dat voor pH 7,50 maar heel weinig base nodig is. Wel verdun je de oplossing met pH = 13,50 tweemaal. Daardoor wordt de pH ongeveer 0,3 kleiner, dat is 13,2. Je mag dus niet zo maar het gemiddelde nemen zoals je hierna zult zien.
b $\text{pH} = 7,50 \rightarrow \text{pOH} = 14,00 - 7,50 = 6,50 \rightarrow [\text{OH}] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-6,50} = 3,2 \cdot 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$
 In 0,50 L is dat $1,6 \cdot 10^{-7}$ mol.
 $\text{pH} = 13,50 \rightarrow \text{pOH} = 14,00 - 13,50 = 0,50 \rightarrow [\text{OH}] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-0,50} = 0,32 \text{ mol L}^{-1}$
 In 0,50 L is dat 0,16 mol.
c In 1 L is nu $1,6 \cdot 10^{-7} + 0,16 = 0,16 \text{ mol}$ opgelost. Bij optellen en aftrekken heeft de uitkomst evenveel decimalen als de waarde met het kleinste aantal, hier is dat twee.
 $[\text{OH}] = 0,16 \text{ mol L}^{-1}$
d $\text{pOH} = -\log [\text{OH}] = -\log 0,16 = 0,80 \rightarrow \text{pH} = 14,00 - 0,80 = 13,20$
e Als je a goed hebt beredeneert, klopt het aardig.

C 23

- a** $\text{pH} = 10,80 \rightarrow \text{pOH} = 14,00 - 10,80 = 3,20 \rightarrow [\text{OH}] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-3,20} = 6,3 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$
b $\text{Na}_2\text{O (s)} + \text{H}_2\text{O (l)} \rightarrow 2 \text{Na}^+ \text{ (aq)} + 2 \text{OH}^- \text{ (aq)}$
c In 0,25 L zit $\frac{1}{4}$ deel van de $6,3 \cdot 10^{-4} \text{ mol} = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ mol OH}^-$. 1 mol Na_2O levert 2 mol OH^- . Je moet dus $\frac{1}{2} \times 1,6 \cdot 10^{-4} = 7,9 \cdot 10^{-5} \text{ mol Na}_2\text{O}$ oplossen.
d De molaire massa van Na_2O is $61,979 \text{ g mol}^{-1}$. Je lost $7,9 \cdot 10^{-5} \times 61,979 = 4,9 \cdot 10^{-3} \text{ g Na}_2\text{O}$ op.

C 24

- a** Het volume van het zwembad is $25 \times 50 \times 2,0 = 2,5 \cdot 10^3 \text{ m}^3 = 2,5 \cdot 10^6 \text{ L}$.
Per liter is er 1,5 mg. In het zwembad zit $2,5 \cdot 10^6 \times 1,5 = 3,8 \cdot 10^6 \text{ mg} = 3,8 \cdot 10^3 \text{ g}$ werkzaam chloor.
- b** De molaire massa van chlooratomen is $35,45 \text{ g mol}^{-1}$.
- $$3,8 \cdot 10^3 \text{ g is } \frac{3750}{35,45} = 1,06 \cdot 10^2 = 1,1 \cdot 10^2 \text{ mol Cl-atomen.}$$
- c** Beide zouten bevatten 1 mol chlooratomen per mol zout. Er is dus 53 mol NaClO en ook 53 mol NaCl. De molaire massa van NaClO is $74,44 \text{ g mol}^{-1}$ en van NaCl $58,443 \text{ g mol}^{-1}$.
53 mol NaClO is $53 \times 74,44 = 3945 \text{ g} = 3,9 \cdot 10^3 \text{ g}$
53 mol NaCl is $53 \times 58,443 = 3097 \text{ g} = 3,1 \cdot 10^3 \text{ g}$
- d** Bij een hoge pH is de $[\text{H}^+]$ erg klein. De noemer van de breuk is dan ook klein. Om de breuk constant te houden moet de teller ($= [\text{Cl}_2]$) ook klein zijn.
- e** $\text{pH} = 7,40 \rightarrow \text{pOH} = 14,00 - 7,40 = 6,60 \rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-6,60} = 2,5 \cdot 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$
- f** pH-regelende stoffen zijn stoffen die de pH kunnen veranderen, dus zuren en basen.

+ 8.3 Zwakke basen

A 25

Bij een sterke base hebben alle deeltjes gereageerd met water en OH^- -ionen gevormd. Bij een zwakke base heeft maar een deel van de base met water gereageerd. Er zijn dan bij dezelfde hoeveelheid base veel minder OH^- -ionen.

B 26

- a** $\text{K}_2\text{O (s)} + \text{H}_2\text{O (l)} \rightarrow 2 \text{K}^+ \text{ (aq)} + 2 \text{OH}^- \text{ (aq)}$
- b** Als het OH^- -ion een H^+ -ion van water opneemt ontstaat er water en een OH^- -ion. Er ontstaat dan geen nieuw soort deeltjes.
- c** Methylamine is een zwakke base:
 $\text{CH}_3\text{-NH}_2 \text{ (aq)} + \text{H}_2\text{O (l)} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{-NH}_3^+ \text{ (aq)} + \text{OH}^- \text{ (aq)}$

C 27

- a** $\text{HCO}_3^- \text{ (aq)} + \text{H}_2\text{O (l)} \rightleftharpoons \text{OH}^- \text{ (aq)} + \text{H}_2\text{CO}_3 \text{ (aq)} \text{ (H}_2\text{O} + \text{CO}_2)$
- b** $\text{HCO}_3^- \text{ (aq)} \rightleftharpoons \text{H}^+ \text{ (aq)} + \text{CO}_3^{2-} \text{ (aq)}$
- c** $K_z = 4,7 \cdot 10^{-11}$ en $K_b = 2,2 \cdot 10^{-8}$
- d** De K_b is veel groter dan de K_z . Er worden dus meer OH^- -ionen gevormd dan H^+ -ionen. De pH is groter dan 7.

A 28

- Je noteert de reactievergelijking van de base met water.
- Je schrijft de evenwichtsvoorwaarde op.
- Je maakt een tabel met verticaal de beginconcentratie, wat er is omgezet en de evenwichtsconcentratie. Horizontaal zet je de concentraties van de stoffen uit de evenwichtsvoorwaarde.
- De $[\text{OH}^-]$ noem je x.
- Je vult eerst de tabel en dan de evenwichtsvoorwaarde in en berekent x.
- Daarna bereken je de pH net als bij een sterke base.

B 29

- a** 1 mol NaOH levert 1 mol OH^- , dus $[\text{OH}^-] = 0,50 \text{ M}$.
 $\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log 0,50 = 0,30 \rightarrow \text{pH} = 14,00 - 0,30 = 13,70$
- b** $\text{NH}_3 \text{ (aq)} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ \text{ (aq)} + \text{OH}^- \text{ (aq)}$

$$K_b = \frac{[\text{OH}^-][\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]}$$

	$[\text{NH}_3]$	$[\text{OH}^-]$	$[\text{NH}_4^+]$
t_0	0,50	0	0
omgezet	$-x$	$+x$	$+x$
t_{ev}	$0,50 - x$	x	x

Je zet deze gegevens in de evenwichtsvoorwaarde, K_b zoek je op in Binas tabel 49.

$$1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{(x) \times (x)}{(0,50 - x)} = \frac{x^2}{(0,50 - x)}$$

Omdat vaak veel minder dan 10% van de zwakke base heeft gereageerd, is de x in de noemer van de breuk bij $(0,50 - x)$ meestal veel kleiner dan de molariteit en mag je deze verwaarlozen. De vergelijking wordt dan:

$$1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{x^2}{(0,50 - x)} = \frac{x^2}{0,50}$$

$$x^2 = 0,50 \times 1,8 \cdot 10^{-5} = 9,0 \cdot 10^{-6}$$

$$x = [\text{OH}^-] = \sqrt{9,0 \cdot 10^{-6}} = 0,0030 \text{ mol L}^{-1}$$

De pOH is dan $-\log 0,0030 = 2,52$ en de pH = $14,00 - 2,52 = 11,48$.

C 30

a S^{2-} staat onder OH^- in Binas tabel 49.

b $\text{S}^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{OH}^-(\text{aq}) + \text{HS}^-(\text{aq})$

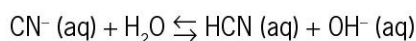
c $2 \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) + \text{HS}^-(\text{aq})$

C 31 ★

a Stel dat de man 80 kg weegt, dan is de maximale dosis $80 \times 20 = 1600 \text{ mg} = 1,6 \text{ g}$. Hij heeft 5,4% van 50 g = $0,054 \times 50 = 2,7 \text{ g}$ binnengekregen. Dat is veel meer dan de maximale dosis.

b De molaire massa van CN^- is $26,02 \text{ g mol}^{-1}$.

$$2,7 \text{ g CN}^- = \frac{2,7}{26,02} = 0,10 \text{ mol in } 1,0 \text{ L.}$$



$$K_b = \frac{[\text{OH}^-][\text{HCN}]}{[\text{CN}^-]}$$

	$[\text{CN}^-]$	$[\text{OH}^-]$	$[\text{HCN}]$
t_0	0,10	0	0
omgezet	$-x$	$+x$	$+x$
t_{ev}	$0,10 - x$	x	x

Je zet deze gegevens in de evenwichtsvoorwaarde, K_b zoek je op in Binas tabel 49.

$$1,6 \cdot 10^{-5} = \frac{(x) \times (x)}{(0,10 - x)} = \frac{x^2}{(0,10 - x)}$$

Omdat vaak veel minder dan 10% van de zwakke base heeft gereageerd, is de x in de noemer van de breuk bij $(0,10 - x)$ meestal veel kleiner dan de molariteit en mag je deze verwaarlozen. De vergelijking wordt dan:

$$1,6 \cdot 10^{-5} = \frac{x^2}{(0,10 - x)} = \frac{x^2}{0,10}$$

$$x^2 = 0,10 \times 1,6 \cdot 10^{-5} = 1,6 \cdot 10^{-6}$$

$$x = [\text{OH}^-] = \sqrt{1,6 \cdot 10^{-6}} = 0,0013 \text{ mol L}^{-1}$$

De pOH is dan $-\log 0,0013 = 2,90$ en de pH = $14,00 - 2,90 = 11,10$.

8.4 Zuur-basereacties

A 32 

- a** De base is de acceptor en het zuur is de donor.
b Het deeltje van het zuur geeft een H^+ (= proton) aan het basedeeltje.

B 33

- a** Methylrood is bij lage pH rood en bij hoge pH geel. Door base aan het zuur toe te voegen verandert de pH van rood naar geel.
b Het azijnzuur heeft een $pH < 7$. Door de reactie verdwijnt het azijnzuur en wordt de pH groter.
c Het azijnzuur is de donor en het OH^- is de acceptor.
d Op macroniveau verandert de pH. Het azijnzuur verdwijnt. De kleur van de indicator verandert.
e Op microniveau geeft een azijnzuurmolecuul een H^+ deeltje aan het OH^- -ion.

B 34

- a** $NH_3(g) + HCl(g) \rightarrow NH_4Cl(s)$

b $CaCO_3(s) + H^+(aq) \rightarrow HCO_3^-(aq) + Ca^{2+}(aq)$

c $K_2O(s) + 2H^+(aq) \rightarrow 2K^+(aq) + H_2O(l)$

d $Na_2O(s) + H_2O(l) \rightarrow 2Na^+(aq) + 2OH^-(aq)$


A 35 

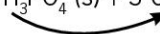
- a** Je moet de formules van de beginstoffen en de reactieproducten weten.
b Als je deeltjes ziet die een H^+ hebben opgenomen en afgestaan heb je te maken met een zuur-basereactie.

B 36

- a** $HCO_3^-(aq) + C_4H_6O_6(aq) \rightarrow H_2O(l) + CO_2(g) + C_4H_5O_6^-(aq)$

b De pijl hierboven geeft de overdracht van H^+ weer.

B 37 

- a** Beginstoffen: fosforzuur is $H_3PO_4(s)$, natronloog is $Na^+(aq) + OH^-(aq)$
 Reactieproducten: natriumfosfaatoplossing: $3Na^+(aq) + PO_4^{3-}(aq)$ en $H_2O(l)$
b $H_3PO_4(s) + 3Na^+(aq) + 3OH^-(aq) \rightarrow 3Na^+(aq) + PO_4^{3-}(aq) + 3H_2O(l)$
 Nu moet je nog de deeltjes wegstrepen die links en rechts hetzelfde zijn:
 $H_3PO_4(s) + 3OH^-(aq) \rightarrow PO_4^{3-}(aq) + 3H_2O(l)$

c De pijl hierboven geeft de overdracht van H^+ weer.

B 38

- a** $Ca^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq) \rightarrow CaCO_3(s)$
 Dit is een neerslagreactie, er is geen H^+ -overdracht.
b $CaO(s) + 2H^+(aq) \rightarrow Ca^{2+}(aq) + H_2O(l)$

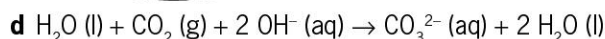
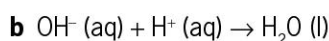
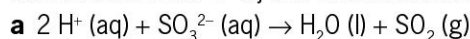
 De O^{2-} in CaO is de base en H^+ is het zuur.
c $CH_3-NH_2(g) + HCl(g) \rightarrow CH_3-NH_3Cl(s)$

 HCl is het zuur en CH_3-NH_2 is de base.
d $S^{2-}(aq) + H_2O(l) \rightarrow HS^-(aq) + OH^-(aq)$

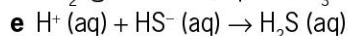
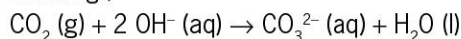
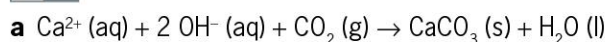
 S^{2-} is de base en H_2O is het zuur.
e $2Mg(s) + O_2(g) \rightarrow 2MgO(s)$
 Dit is een verbrandingsreactie, er is geen H^+ -overdracht.

B 39

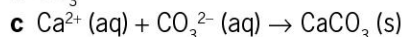
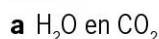
Vergeet niet om steeds de deeltjes die links en rechts gelijk zijn weg te laten. De pijl geeft de overdracht van H^+ bij een zuur-basereactie aan.



Je moet nu links en rechts nog 1 H_2O wegstrepen. Je ziet dan niet meer duidelijk de overdracht van H^+ , maar het is wel een zuur-basereactie. (De K^+ -ionen laat je natuurlijk ook weg.)

**B 40**

b Door het ontstaan van het vaste calciumcarbonaat zie je een troebeling in de vloeistof ontstaan.

C 41**A 42**

a Met een zuur-basetitratie bepaal je de concentratie in een onbekende oplossing.

b Als de reactie volledig is verlopen verandert de indicator van kleur.

c Het eindpunt heet het equivalentiepunt of omslagpunt.

B 43

a Joop vult de buret met salpeterzuur oplossing en voegt bijvoorbeeld 25,00 mL kaliloog met een volpipet aan een erlenmeyer toe. Vervolgens voegt hij enkele druppels fenolftaleïne toe.

Hij leest de beginstand van de buret af en druppelt dan uit de buret het salpeterzuur toe tot de paarsrode kleur verdwijnt. Hij leest de eindstand van de buret af.



c Bij het equivalentiepunt is de pH 7. Fenolftaleïne is dan kleurloos.

d Salpeterzuur is de gegeven stof: 35,00 mL met een concentratie van 0,050 M.

Dat is $35,00 \times 0,050 = 1,75$ mmol salpeterzuur.

De molverhouding in de reactievergelijking is 1 : 1, dus er was ook 1,75 mmol kaliloog.

De molariteit van de kaliloog is $\frac{1,75}{25,00} = 0,070 \text{ mol L}^{-1}$.

A 44

a maatkolf

b volpipet

c buret

B 45

a Bij het bepalen van de nauwkeurigheid telt altijd de meetwaarde met het minst aantal significante cijfers. Dat is hier de hoeveelheid zuur.

b De hoeveelheid indicator is niet van belang, als er maar voldoende is om de kleuromslag te zien.

C 46 ★

- a** 1 = volpipet
 2 = maatkolf
 3 = volpipet
 4 = maatkilinder
 5 = buret
- b** $\text{CH}_3\text{COOH (aq)} + \text{OH}^- \text{ (aq)} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- \text{ (aq)} + \text{H}_2\text{O (l)}$
- c** Fenolftaleïne wordt van kleurloos (zuur) licht paarsrood (omslagtraject).
- d** Gegeven stof is natronloog: $12,46 \text{ mL } 0,1040 \text{ M} \rightarrow 12,46 \times 0,1040 = 1,2958 \text{ mmol natronloog}$
 De molverhouding azijnzuur natronloog is 1 : 1, dus er was ook 1,2958 mmol azijnzuur.
 Deze azijnzuur zat in 25,00 mL. In de hele maatkolf zat 250,00 mL, dat is 10 maal zo veel, dus 12,958 mmol.
 Oorspronkelijk zat deze hoeveelheid in 10 mL natuuraazijn.

De concentratie azijnzuur is dus $\frac{12,958 \text{ mmol}}{10 \text{ mL}} = 1,296 \text{ mol L}^{-1}$.

Alles in vier significante cijfers.

- e** 1 L (= 1000 mL) natuuraazijn heeft een massa van 1000 g. 4 massa-% is 40 g.
 Minimaal moet er dus 40 g L^{-1} azijnzuur in de oplossing zitten.
 De concentratie is $1,296 \text{ mol L}^{-1}$. De molaire massa van azijn is $60,053 \text{ g mol}^{-1}$.
 $1,296 \text{ mol} = 1,296 \times 60,053 = 77,83 \text{ g}$
 Dat is ruim boven de 40 g, de oplossing voldoet dus aan de wettelijke eis.

Afsluiting

1 

a Natronloog is $\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$. Bij 0,45 M geldt ook $[\text{OH}^-] = 0,45 \text{ mol L}^{-1}$.

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log 0,45 = 0,35 \rightarrow \text{pH} = 14,00 - 0,35 = 13,65$$

b $\text{K}_2\text{O}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{K}^+(\text{aq}) + 2 \text{OH}^-(\text{aq})$

De molaire massa van K_2O is $94,196 \text{ g mol}^{-1}$.

$$\text{Het aantal mol K}_2\text{O is } \frac{13,6}{94,196} = 0,144 \text{ mol.}$$

1 mol K_2O levert 2 mol OH^- , dus $2 \times 0,144 = 0,289 \text{ mol}$.

Dit is opgelost in 1,0 L, zodat $[\text{OH}^-] = 0,29 \text{ mol L}^{-1}$.

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log 0,29 = 0,54 \rightarrow \text{pH} = 14,00 - 0,54 = 13,46$$

2

a $\text{NH}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$

b $\text{pH} = 11,40 \rightarrow \text{pOH} = 14,00 - 11,40 = 2,60$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-2,60} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$

c 5,0 g NH_3 is de gegeven stof met molaire massa $17,031 \text{ g mol}^{-1}$.

$$\text{Omrekenen naar mol: } \frac{5,0}{17,031} = 0,29 \text{ mol}$$

1 mol NH_3 geeft 1 mol OH^- .

Dit is opgelost in 1,0 L bij aflopende reactie, dus $[\text{OH}^-] = 0,29 \text{ mol L}^{-1}$.

d In werkelijkheid is er slechts $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \text{ OH}^-$ (zie b).

$$\text{In procenten is dat } \frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{0,29} \times 100\% = 0,86\% \text{ NH}_3 \text{ die heeft gereageerd.}$$

3

a $4 \text{Fe} + 3 \text{O}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$

b Er worden geen H^+ -ionen overgedragen, er is dus geen zuur-basereactie.

c In de roest zit de base O^{2-} en in de roestoplosser zit het zuur H_3PO_4 . Er is waarschijnlijk sprake van een zuur-basereactie.

d Natronloog is $\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$. Bij 0,108 M geldt ook $[\text{OH}^-] = 0,108 \text{ mol L}^{-1}$.

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log 0,108 = 0,967 \rightarrow \text{pH} = 14,00 - 0,967 = 13,03$$

e $\text{H}_3\text{PO}_4(\text{aq}) + 3 \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow 3 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{PO}_4^{3-}(\text{aq})$

f De gegeven stof is natronloog: 24,12 mL 0,108 M. Dit bevat $24,12 \times 0,108 = 2,60 \text{ mmol OH}^-$.

De molverhouding is 1 mol fosforzuur reageert met 3 mol OH^- .

$$\text{Er was } \frac{2,60}{3} = 0,868 \text{ mol H}_3\text{PO}_4.$$

De molaire massa van fosforzuur is $97,995 \text{ g mol}^{-1}$.

De massa fosforzuur is $0,868 \times 97,995 = 85,1 \text{ mg}$.

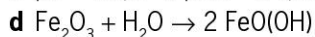
$$\text{Het massapercentage in de 141 mg roestoplosser is } \frac{85,1}{141} \times 100\% = 60,3\%.$$

4 ★

a $2 \text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 6 \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 3 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

b 3 OH^- -ionen staan H^+ -ionen af en vormen O^{2-} -ionen. De andere 3 OH^- -ionen nemen die H^+ -ionen op en vormen zo H_2O .

c $\text{pH} = 12,5 \rightarrow \text{pOH} = 14,00 - 12,5 = 1,5 \rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-1,5} = 0,03 \text{ mol L}^{-1}$



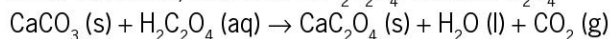
Het O^{2-} -ion neemt H^+ op en is de base. H_2O geeft H^+ af en is het zuur.

5

a Oxaalzuur is een zuur dat met de base carbonaat reageert.

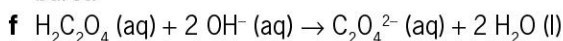
b De suiker maskeert de zure smaak.

c Binas tabel 66B, oxaalzuur is $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$. Oxalaat: $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$



d Je moet een indicator toevoegen.

e De 250,00 mL in een maatkolf, de 25,00 mL met een volpipet, de 15,96 mL met een buret.



g De gegeven stof is natronloog: 15,96 mL 0,0896 M, dit bevat $15,96 \times 0,0896 = 1,430 \text{ mmol OH}^-$.

2 mol natronloog reageert met 1 mol oxaalzuur.

Er heeft $\frac{1}{2} \times 1,430 = 0,715 \text{ mmol}$ oxaalzuur gereageerd. Dit zit in 25,00 mL. In 250,00 mL zit dus 7,15 mmol.

De molaire massa van oxaalzuur is $90,036 \text{ g mol}^{-1}$.

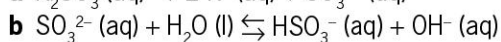
7,15 mmol komt overeen met $7,15 \times 90,036 = 644 \text{ mg} = 0,644 \text{ g}$.

Het massapercentage oxaalzuur is dan $\frac{0,644}{100,0} \times 100\% = 0,644\%$.

h De andere zuren reageren ook met natronloog. Er reageert dus minder natronloog met oxaalzuur. De uitkomst was dus te hoog.

+

6



c $K_b = \frac{[\text{OH}^-][\text{HSO}_3^-]}{[\text{SO}_3^{2-}]}$

	$[\text{SO}_3^{2-}]$	$[\text{OH}^-]$	$[\text{HSO}_3^-]$
t_0	1,0	0	0
omgezet	- x	+ x	+ x
t_{ev}	1,0 - x	x	x

Je zet deze gegevens in de evenwichtsvoorwaarde, K_b zoek je op in Binas tabel 49.

$$1,6 \cdot 10^{-7} = \frac{(x) \times (x)}{(1,0 - x)} = \frac{x^2}{(1,0 - x)}$$

Omdat vaak veel minder dan 10% van de zwakke base heeft gereageerd, is de x in de noemer van de breuk bij $(1,0 - x)$ meestal veel kleiner dan de molariteit en mag je deze verwaarlozen. De vergelijking wordt dan:

$$1,6 \cdot 10^{-7} = \frac{x^2}{(1,0 - x)} = \frac{x^2}{(1,0)}$$

$$x^2 = 1,0 \times 1,6 \cdot 10^{-7} = 1,6 \cdot 10^{-7}$$

$$x = [\text{OH}^-] = \sqrt{1,6 \cdot 10^{-7}} = 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$$

De pOH is dan $-\log 4,0 \cdot 10^{-4} = 3,40$ en de pH = $14,00 - 3,40 = 10,60$.

Reacties en energie

9.1 Reactiesnelheid

A 1

- a** De reactiesnelheid is het aantal mol stof dat per liter en per seconde verdwijnt of ontstaat.
- b**
- 1 de temperatuur
 - 2 de concentratie van de beginstoffen
 - 3 de verdelingsgraad
 - 4 de aanwezigheid van een katalysator
 - 5 de soort stof
- c**
- 1 de temperatuur
 - 2 de concentratie van de beginstoffen
 - 3 de verdelingsgraad
- d** Wanneer twee deeltjes hard genoeg tegen elkaar botsen, zodat er een chemische reactie optreedt.

B 2

- 1 Je kunt de temperatuur van het DCM verhogen. Bij een hogere temperatuur bewegen deeltjes sneller, zodat de cafeïnemoleculen sneller uit de koffiebonen en naar het DCM kunnen bewegen.
- 2 Je kunt de koffiebonen eerst vermalen. Daardoor vergroot je de verdelingsgraad van de bonen / vergroot je het contactoppervlak tussen de bonen en het DCM. Er komen daardoor meer cafeïnemoleculen in contact met DCM-moleculen, waardoor het extractieproces sneller zal verlopen.

B 3

- a** $\text{Mg} + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{Mg}^{2+} + \text{H}_2$
- b** II: De reactiesnelheid bij deze reactie is gelijk aan de reactiesnelheid bij reactie I, omdat je niets verandert aan één van de vijf factoren die van invloed zijn op de reactiesnelheid.
- III: De reactiesnelheid bij deze reactie is hoger dan de reactiesnelheid bij reactie I, omdat je de concentratie van een beginstof verhoogt. Doordat je 0,50 M zoutzuur gebruikt, is $[\text{H}^+]$ hoger, waardoor de kans dat een H^+ -ion botst met een Mg-atoom groter is en er dus meer effectieve botsingen op zullen treden.
- IV: De reactiesnelheid bij deze reactie is hoger dan de reactiesnelheid bij reactie I, omdat je de temperatuur verhoogt. Alle deeltjes zullen daardoor sneller bewegen, wat de kans op een effectieve botsing vergroot.
- V: De reactiesnelheid bij deze reactie is lager dan de reactiesnelheid bij reactie I, omdat je de verdelingsgraad van het magnesium verlaagt. Doordat je een magnesiumstaaf gebruikt in plaats van magnesiumpoeder, zal de kans op een effectieve botsing tussen een H^+ -ion en een Mg-atoom afnemen.

C 4

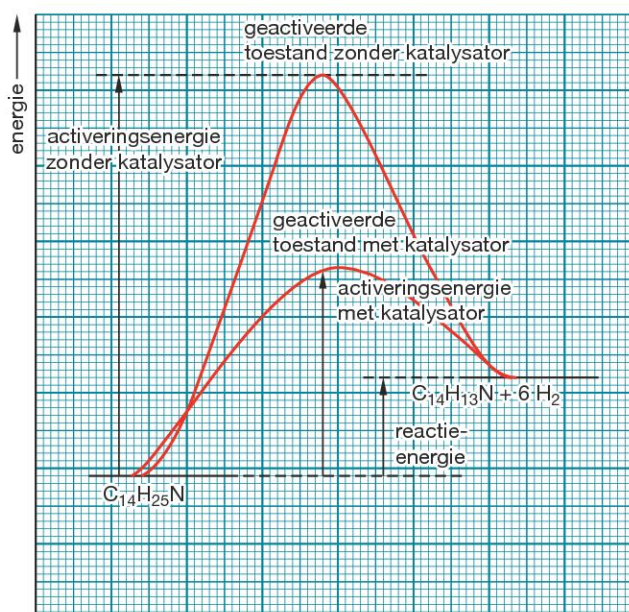
- a** $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} (\text{s}) \rightarrow \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} (\text{aq})$
- b**
- 1 vanderwaalsbinding/vanderwaalskracht
 - 2 waterstofbruggen
- c** In heet water bewegen alle deeltjes sneller. De kans dat er een effectieve botsing optreedt tussen een sacharosemolecuul en een watermolecuul neemt dan toe. Hierdoor neemt de reactiesnelheid toe.

A 5

In je lichaam komen eiwitten voor die als katalysator optreden. Een katalysator verlaagt de activeringsenergie van een reactie, waardoor de reactie op een lagere temperatuur kan verlopen.

B 6

Zie figuur 9.1.



9.1

A 7

$$\text{Gemiddelde reactiesnelheid} = \frac{\text{concentratieverandering (mol L}^{-1}\text{)}}{\text{verstreken tijd (s)}}$$

B 8

- a** In de reactievergelijking kun je zien dat er CO_2 ontstaat. CO_2 is een gas en zal daardoor gasbellen in het brood vormen, waardoor het volume toeneemt en het brood luchtiger wordt.
- b** Ja, dit is een zuur-basereactie. $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ wordt omgezet in $\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_7^-$, het verschil is precies één H^+ -ion. Een reactie waarbij een H^+ -ion wordt overgedragen, is een zuur-basereactie.
- c** Nee, dat kan ze niet, omdat ze op basis van de gegevens niet kan uitsluiten dat er nog meer CO_2 kan ontstaan. Hiervoor had ze moeten blijven meten tot het volume CO_2 constant bleef.
- d** Voorbeeldberekening voor de eerste meting:
 $1,0 \text{ dm}^3 = 1,0 \text{ L}$
 $174 \text{ mL} = 0,174 \text{ L}$

$$\text{Aantal mol} = \frac{0,174}{24,5} = 7,10 \cdot 10^{-3} \text{ mol CO}_2$$

tijd (s)	volume CO_2 (mL)	aantal mol CO_2
0	0	0
5	174	$7,10 \cdot 10^{-3}$
10	275	$1,12 \cdot 10^{-2}$
15	331	$1,35 \cdot 10^{-2}$
20	378	$1,54 \cdot 10^{-2}$

- e** Het practicum is uitgevoerd in 100,0 mL oplossing. $100,0 \text{ mL} = 0,1000 \text{ L}$. De reactiesnelheid is in mol per liter per seconde. Eerst moet je berekenen hoeveel mol CO_2 er per liter is ontstaan en daaruit de concentratieverandering in mol per liter. Dit is dus voor 10 seconden:

$$\frac{1,12 \cdot 10^{-2} - 0}{0,1000} = 1,12 \cdot 10^{-1} \text{ mol L}^{-1}$$

$$\text{Gemiddelde reactiesnelheid} = \frac{1,12 \cdot 10^{-1}}{10 \text{ s}} = 1,1 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

- f** Ook hier moet je eerst berekenen hoeveel mol CO_2 er per liter is ontstaan en daaruit de concentratieverandering in mol per liter.
Voor het tijdsinterval van 10 tot 20 seconden is dat:

$$\frac{1,54 \cdot 10^{-2} - 1,12 \cdot 10^{-2}}{0,1000} = 4,20 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$$

$$\text{Gemiddelde reactiesnelheid} = \frac{4,20 \cdot 10^{-2}}{10 \text{ s}} = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

- g** Als de reactie verloopt, worden de beginstoffen omgezet in reactieproducten. Hierdoor neemt de concentratie van de beginstoffen af. Een lagere concentratie beginstoffen leidt tot een lagere reactiesnelheid. Daardoor geldt bij vrijwel elke aflopende chemische reactie dat de reactiesnelheid aan het begin het grootst is en daarna afneemt.

C 9 ★

- a** De molverhouding tussen NO en O_2 is 4 : 1 bij reactie 1. Per 4 mol NO die reageert, reageert er dus 1 mol zuurstof. Zuurstof reageert dan met een snelheid van:

$$\frac{3,0}{4} = 7,5 \cdot 10^{-1} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

De molverhouding tussen NO_2 en O_2 is 2 : 1 bij reactie 2. Per 2 mol NO_2 die reageert, reageert er dus 1 mol zuurstof. Zuurstof reageert dan met een snelheid van:

$$\frac{2,6}{2} = 1,3 \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

Zuurstof reageert dan met een totale snelheid van $7,5 \cdot 10^{-1} + 1,3 = 2,1 \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$.

- b** Een jaar bestaat uit 365,25 dagen en je rijdt 2,5 uur per dag. Je rijdt dan:
 $365,25 \times 2,5 \times 60 \times 60 = 3,3 \cdot 10^6 \text{ s}$

De gemiddelde reactiesnelheid = $\frac{\text{concentratieverandering (mol L}^{-1}\text{)}}{\text{verstreken tijd (s)}}$, dus de

concentratieverandering (mol L^{-1}) = reactiesnelheid ($\text{mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$) $\times$ verstreken tijd (s).

NO reageert met een snelheid van $3,0 \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$.

Dit invullen geeft dat er $3,0 \times 3,3 \cdot 10^6 = 9,9 \cdot 10^6 \text{ mol L}^{-1}$ NO wordt omgezet.

De reactie vindt plaats in een volume van $250 \text{ mL} = 0,250 \text{ L}$.

Er wordt dan $0,250 \times 9,9 \cdot 10^6 = 2,5 \cdot 10^6 \text{ mol NO}$ omgezet.

De molaire massa van NO is $30,006 \text{ g mol}^{-1}$. De massa is dan:

$$2,5 \cdot 10^6 \times 30,006 = 7,4 \cdot 10^7 \text{ g}$$

Dit komt overeen met $7,4 \cdot 10^4 \text{ kg NO}$.

Dezelfde berekening herhaal je voor NO_2 :

De formule invullen geeft dat er $2,6 \times 3,3 \cdot 10^6 = 8,5 \cdot 10^6 \text{ mol L}^{-1}$ NO_2 wordt omgezet.

De reactie vindt plaats in een volume van $250 \text{ mL} = 0,250 \text{ L}$.

Er wordt dan $0,250 \times 8,5 \cdot 10^6 = 2,1 \cdot 10^6 \text{ mol NO}_2$ omgezet.

De molaire massa van NO_2 is $46,006 \text{ g mol}^{-1}$.

De massa is dan $2,1 \cdot 10^6 \times 46,006 = 9,8 \cdot 10^7 \text{ g}$.

Dit komt overeen met $9,8 \cdot 10^4 \text{ kg NO}_2$.

9.2 Reactiewarmte

A 10

- a** Een exotherm proces is een proces waarbij warmte vrijkomt. Een endotherm proces is een proces waar warmte voor nodig is.
- b** Volgens de wet van behoud van energie kan energie nooit zomaar ontstaan en ook niet zomaar verdwijnen.
- c** De vormingswarmte is de hoeveelheid warmte die vrijkomt of nodig is om 1 mol van een stof te vormen uit zijn elementen.

A 11

- a** De reactie-energie is het verschil tussen de chemische energie van de beginstoffen en de chemische energie van de reactieproducten. Doordat reactie-energie vrijwel altijd bijna volledig uit warmte bestaat, wordt reactie-energie reactiewarmte genoemd.
- b** Bij een exotherme reactie is de hoeveelheid chemische energie van de reactieproducten kleiner dan die van de beginstoffen. De reactie-energie is dan een negatief getal. Voor een endotherme reactie geldt het omgekeerde: de hoeveelheid chemische energie van de reactieproducten is groter dan die van de beginstoffen en de reactie-energie is een positief getal.

B 12

- a** $2 \text{ CH}_3\text{OH (l)} + 3 \text{ O}_2 \text{ (g)} \rightarrow 2 \text{ CO}_2 \text{ (g)} + 4 \text{ H}_2\text{O (l)}$
- b** De vormingswarmten van de stoffen zijn als volgt:

2 CH ₃ OH	$2 \times -2,39 \cdot 10^5 = -4,78 \cdot 10^5 \text{ J}$
3 O ₂	$3 \times 0 = 0 \text{ J}$
2 CO ₂	$2 \times -3,935 \cdot 10^5 = -7,870 \cdot 10^5 \text{ J}$
4 H ₂ O	$4 \times -2,86 \cdot 10^5 = -1,14 \cdot 10^6 \text{ J}$

De totale vormingswarmte van de beginstoffen is $-4,78 \cdot 10^5 \text{ J}$.

De totale vormingswarmte van de reactieproducten is:

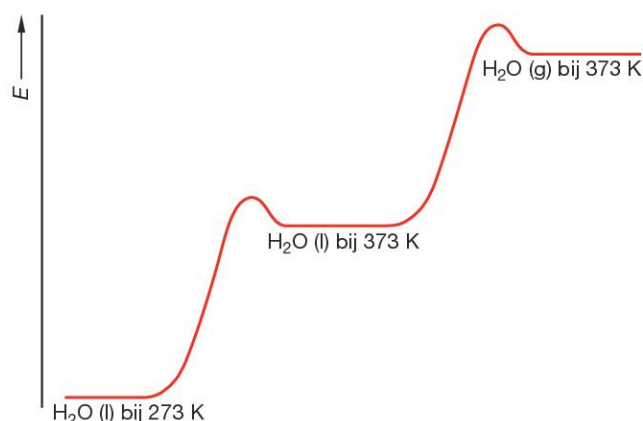
$$(-7,870 \cdot 10^5) + (-1,14 \cdot 10^6) = -1,93 \cdot 10^6 \text{ J}$$

De reactiewarmte is $(-1,93 \cdot 10^6) - (-4,78 \cdot 10^5) = -1,45 \cdot 10^6 \text{ J}$.

- c** De berekende reactiewarmte is de hoeveelheid warmte die vrijkomt bij de verbranding van 2 mol methanol. De verbrandingswarmte in Binas is per 1 mol. Als je de berekende waarde deelt door 2, dan krijg je dezelfde waarde als in Binas.

B 13

- a** Je kunt de faseovergang weergeven als: $\text{H}_2\text{O (l)} \rightarrow \text{H}_2\text{O (g)}$
De vormingswarmtes van de stoffen zijn als volgt:
 $\text{H}_2\text{O (l)}: -2,86 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
 $\text{H}_2\text{O (g)}: -2,42 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
De reactiewarmte is $(-2,42 \cdot 10^5) - (-2,86 \cdot 10^5) = 4,4 \cdot 10^4 \text{ J}$.
- b** Het temperatuurverschil is 100 K en het gaat om 100 g stof:
 $4,18 \times 100 \times 100 = 4,18 \cdot 10^4 \text{ J}$
- c** Zie figuur 9.2.



B 14

De vormingswarmten van de stoffen zijn als volgt:

1 CuSO ₄	-7,71·10 ⁵ J
5 H ₂ O	5 × -2,86·10 ⁵ = -14,3·10 ⁵ J
1 CuSO ₄ ·5H ₂ O	-22,78·10 ⁶ J

De totale vormingswarmte van de beginstoffen is:

$$(-7,71 \cdot 10^5) + (-14,3 \cdot 10^5) = -22,0 \cdot 10^5 \text{ J}$$

De totale vormingswarmte van de reactieproducten is -22,78·10⁵ J.

$$\text{De reactiewarmte is } (-22,78 \cdot 10^5) - (-22,0 \cdot 10^5) = -0,77 \cdot 10^5 \text{ J.}$$

C 15 ★

a $[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-0,50} = 3,2 \cdot 10^{-1} \text{ mol L}^{-1}$

b Je maakt 100 mL = 0,100 L, daar zit $3,2 \cdot 10^{-1} \times 0,100 = 3,2 \cdot 10^{-2} \text{ mol H}^+$ in.

De molaire massa van HNO₃ is 63,013 g mol⁻¹.

De benodigde hoeveelheid salpeterzuur is dan $3,2 \cdot 10^{-2} \times 63,013 = 2,0 \text{ g}$.

c Er komt $-3,33 \cdot 10^4 \times 3,2 \cdot 10^{-2} = -1,1 \cdot 10^3 \text{ J}$ vrij.

d De soortelijke warmte van water is 4,18 J g⁻¹ K⁻¹.

Het volume van het water is 100 mL. Met een dichtheid van 1,0 g mL⁻¹ komt dit overeen met 100 g.

Er is dan $4,18 \times 100 = 418 \text{ J}$ nodig om deze hoeveelheid water 1 K te verwarmen.

$$\frac{1,1 \cdot 10^3}{418} = 2,5 \text{ K}$$

e 1,0 mL water komt overeen met 1,0 g.

Er is dan maar 4,18 J nodig om deze hoeveelheid water 1 K te verwarmen.

$$\frac{1,1 \cdot 10^3}{4,18} = 2,5 \cdot 10^2 \text{ K}$$

C 16

a De vormingswarmten van de stoffen zijn als volgt:

6 CO ₂	6 × -3,935·10 ⁵ = -2,361·10 ⁶ J
6 H ₂ O	6 × -2,86·10 ⁵ = -1,72·10 ⁶ J
1 C ₆ H ₁₂ O ₆	-1,27·10 ⁶ J
6 O ₂	6 × 0 = 0 J

De totale vormingswarmte van de beginstoffen is:

$$(-2,361 \cdot 10^6) + (-1,72 \cdot 10^6) = -4,08 \cdot 10^6 \text{ J}$$

De totale vormingswarmte van de reactieproducten is -1,27·10⁶ J.

$$\text{De reactiewarmte is } (-1,27 \cdot 10^6) - (-4,08 \cdot 10^6) = 2,81 \cdot 10^6 \text{ J.}$$

b $3,8 \cdot 10^3 \text{ PJ} = 3,8 \cdot 10^{18} \text{ J}$

Per mol glucose die verbrandt komt 2,81·10⁶ J aan energie vrij.

$$\text{Er is dan } \frac{3,8 \cdot 10^{18}}{2,81 \cdot 10^6} = 1,4 \cdot 10^{12} \text{ mol glucose nodig.}$$

De molaire massa van glucose is 180,16 g mol⁻¹.

$$\text{Er is dan } 1,4 \cdot 10^{12} \times 180,16 = 2,4 \cdot 10^{14} \text{ g glucose nodig.}$$

c Aangezien elke 100 g tarwe 71 g glucose bevat, is er $\frac{2,4 \cdot 10^{14}}{71} \times 100 = 3,4 \cdot 10^{14} \text{ g}$ tarwe nodig.

Op een hectare landbouwgrond kun je 9,5 ton = 9,5·10⁶ g tarwe verbouwen. De oppervlakte van een hectare is 100 × 100 = 1,00·10⁴ m².

$$\text{Per gram tarwe is dan } \frac{1,00 \cdot 10^4}{9,5 \cdot 10^6} = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ landbouwgrond nodig.}$$

$$\text{In totaal is er dan } 3,4 \cdot 10^{14} \times 1,1 \cdot 10^{-3} = 3,6 \cdot 10^{11} \text{ m}^2 \text{ landbouwgrond nodig.}$$

- d** 1 De benodigde oppervlakte aan landbouwgrond is immens. Sterker nodig: deze is een factor 10 meer dan de totale oppervlakte van Nederland.
 2 Als je landbouwgrond inzet voor energieproductie, dan blijft er minder landbouwgrond over voor andere doeleinden, zoals voedselproductie (landbouw en veeteelt).

C 17 ★

a De vormingswarmten van de stoffen zijn als volgt:

12 CO ₂	$12 \times -3,935 \cdot 10^5 = -4,722 \cdot 10^6 \text{ J}$
14 H ₂ O	$14 \times -2,86 \cdot 10^5 = -4,00 \cdot 10^6 \text{ J}$
2 N ₂	$2 \times 0 = 0 \text{ J}$

De totale vormingswarmte van de reactieproducten is:

$$(-4,722 \cdot 10^6) + (-4,00 \cdot 10^6) = -8,72 \cdot 10^6 \text{ J}$$

b $(-8,72 \cdot 10^6) - (-1,622 \cdot 10^6) = -7,10 \cdot 10^6 \text{ J}$

c De vormingswarmte van zuurstof is 0. De uitkomst van vraag b is dus gelijk aan de vormingswarmte van 4 mol alanine. De vormingswarmte per mol alanine is dan:

$$\frac{-7,10 \cdot 10^6}{4} = -1,77 \cdot 10^6 \text{ J}$$

9.3 Fossiele brandstoffen

A 18 ⓪

Bij elke energieomzetting wordt een deel van de energie omgezet in een niet-nuttige vorm van energie. Hoe hoger het deel niet-nuttige energie, hoe lager de kwaliteit van de energie.

B 19

- a** Bij de verbranding van een brandstof ontstaat altijd (een deel) warmte. Deze warmte is een niet-nuttige vorm van energie. Het rendement kan daardoor nooit 100% zijn.
b Bij het omzetten van elektrische energie in andere vormen van energie (zoals bewegingsenergie), ontstaat er vaak minder warmte dan bij het omzetten van chemische energie. Het deel niet-nuttige energie is dus kleiner en het rendement hoger.

A 20 ⓪

- a** Steenkool, aardgas en aardolie
b Steenkool bestaat vooral uit koolstof, vaak verontreinigd met zwavel. Aardgas bestaat vooral uit methaan. Aardolie bestaat uit tienduizenden verschillende stoffen, voornamelijk koolwaterstoffen en vaak zwavelverbindingen.

B 21

De fossiele brandstoffen worden op zeer grote schaal en voor diverse doeleinden gebruikt, zoals voor energieproductie en als grondstof voor een groot aantal producten. Dat maakt ze lastig te vervangen, omdat:

- 1 een geschikte vervanger moet ook op grote schaal toegepast kunnen worden en moet dus in grote hoeveelheid beschikbaar zijn;
- 2 voor alle doeleinden moet een vervanger worden gevonden.

C 22

a Voor € 100,- kun je $\frac{100}{0,83} = 1,2 \cdot 10^2 \text{ L}$ lpg aanschaffen.

De massa hiervan is $1,2 \cdot 10^2 \times 5,4 \cdot 10^2 = 6,5 \cdot 10^4 \text{ g}$.

Aangezien het om gelijke massa's propaan en butaan gaat, heb je van beide $\frac{6,5 \cdot 10^4}{2} = 3,3 \cdot 10^4 \text{ g}$ nodig.

De molaire massa van propaan is $44,10 \text{ g mol}^{-1}$ en van butaan $58,12 \text{ g mol}^{-1}$.

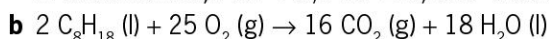
Je hebt dan $\frac{3,3 \cdot 10^4}{44,10} = 7,4 \cdot 10^2 \text{ mol}$ propaan en $\frac{3,3 \cdot 10^4}{58,12} = 5,6 \cdot 10^2 \text{ mol}$ butaan.

De verbrandingswarmte van propaan is $-22,19 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ en van butaan $-28,75 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$.

Bij de verbranding van propaan komt $7,4 \cdot 10^2 \times 22,19 \cdot 10^5 = 1,6 \cdot 10^9 \text{ J}$ aan warmte vrij.

Bij de verbranding van butaan komt $5,6 \cdot 10^2 \times 28,75 \cdot 10^5 = 1,6 \cdot 10^9 \text{ J}$ aan warmte vrij.

In totaal komt $1,6 \cdot 10^9 + 1,6 \cdot 10^9 = 3,2 \cdot 10^9 \text{ J}$ aan warmte vrij.



c De vormingswarmten van de stoffen zijn als volgt:

$2 \text{ C}_8\text{H}_{18}$	$2 \times -2,50 \cdot 10^5 = -5,00 \cdot 10^5 \text{ J}$
25 O_2	$25 \times 0 = 0 \text{ J}$
16 CO_2	$16 \times -3,935 \cdot 10^5 = -6,296 \cdot 10^6 \text{ J}$
$18 \text{ H}_2\text{O}$	$18 \times -2,86 \cdot 10^5 = -5,15 \cdot 10^6 \text{ J}$

De totale vormingswarmte van de beginstoffen is $-5,00 \cdot 10^5 \text{ J}$.

De totale vormingswarmte van de reactieproducten is:

$$(-6,296 \cdot 10^6) + (-5,15 \cdot 10^6) = -1,14 \cdot 10^7 \text{ J}$$

De reactiewarmte is $(-1,14 \cdot 10^7) - (-5,00 \cdot 10^5) = -1,09 \cdot 10^7 \text{ J}$.

d Voor € 100,- kun je $\frac{100}{1,67} = 59,9 \text{ L}$ benzine aanschaffen.

De massa hiervan is $59,9 \times 7,2 \cdot 10^2 = 4,31 \cdot 10^4 \text{ g}$.

De molaire massa van benzine is $114,22 \text{ g mol}^{-1}$.

Je hebt dan $\frac{4,31 \cdot 10^4}{114,22} = 3,77 \cdot 10^2 \text{ mol}$ benzine.

De berekende reactiewarmte is voor de verbranding van 2 mol benzine, dus per mol

benzine is dat $\frac{1,09 \cdot 10^7}{2} = 5,45 \cdot 10^6 \text{ J}$.

Bij de verbranding hiervan komt $3,77 \cdot 10^2 \times 5,45 \cdot 10^6 = 2,05 \cdot 10^9 \text{ J}$ aan warmte vrij.

e Bij de verbranding van € 100,- aan lpg komt dus meer warmte vrij dan bij de verbranding van € 100,- aan benzine.

A 23

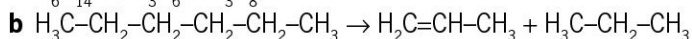
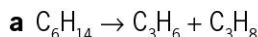
a Aardolie wordt tijdens het destilleren niet gescheiden in zuivere stoffen, maar in fracties.

Dit zijn mengsels van stoffen met een kookpunt binnen bepaalde grenzen.

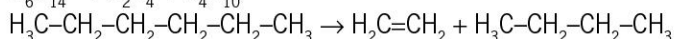
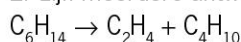
b Nee, er ontstaan namelijk geen nieuwe stoffen. Gefractioneerde destillatie is een scheidingsmethode.

c Ja, tijdens het kraken worden atoombindingen verbroken, waardoor nieuwe moleculen ontstaan.

B 24



c Er zijn meerdere antwoorden mogelijk, bijvoorbeeld:



A 25

a In de gasturbine wordt aardgas verbrand. De hete samengeperste verbrandingsgassen die hierbij ontstaan drijven een eerste turbine aan. De turbine brengt daardoor een dynamo in beweging die elektriciteit produceert.

b Er wordt dan een groter deel van de warmte die vrijkomt bij de verbranding van aardgas omgezet in elektrische energie.

c Bij de verbranding van aardgas komen minder schadelijke gassen vrij dan bij de verbranding van steenkool.

A 26

- a** Broeikasgassen zijn gassen die warmtestraling kunnen opnemen en weer uitzenden.
b Het natuurlijk broeikas effect is een natuurlijk fenomeen dat ook zonder de aanwezigheid van mensen aanwezig was geweest. Door toedoen van mensen is in de laatste honderd jaar het gehalte broeikasgassen in de atmosfeer enorm toegenomen. Daardoor stijgt de gemiddelde temperatuur op aarde. Dit effect heet het versterkt broeikas effect.

C 27

- a** $4 \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{Mg}_2\text{SiO}_4 \rightarrow 2 \text{Mg}^{2+} + 4 \text{HCO}_3^- + \text{H}_4\text{SiO}_4$
b $4 \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O} + \text{Mg}_2\text{SiO}_4 \rightarrow 2 \text{Mg}^{2+} + 4 \text{HCO}_3^- + \text{H}_4\text{SiO}_4$
c 10 Gton komt overeen met $10 \cdot 10^{15} \text{ g}$.
 De molaire massa van CO_2 is $44,010 \text{ g mol}^{-1}$.

$$\text{Dit komt overeen met } \frac{10 \cdot 10^{15}}{44,010} = 2,27 \cdot 10^{14} \text{ mol CO}_2.$$

Per mol olivijn wordt er 4 mol CO_2 omgezet in waterstofcarbonaat. Het aantal mol

$$\text{benodigd olivijn is dan } \frac{2,27 \cdot 10^{14}}{4} = 5,68 \cdot 10^{13}.$$

De molaire massa van olivijn is:

$$2 \times 24,31 + 28,09 + 4 \times 16,00 = 140,71 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\text{De massa is dan } 5,7 \cdot 10^{13} \times 140,7 = 8,0 \cdot 10^{15} \text{ g}.$$

Dit komt overeen met 8,0 Gton olivijn.

- d** Door het verpoedern van olivijn vergroot je de verdelingsgraad. Het contactoppervlak van olivijn wordt hierdoor groter, waardoor de kans op een effectieve botsing toeneemt en dus de reactiesnelheid toeneemt.
e Door het lage gehalte CO_2 in de lucht is de kans op een effectieve botsing tussen een CO_2 -deeltje en een olivijndeeltje klein. Hierdoor is de reactiesnelheid laag.

C 28

- a** Het volume van het wegdek is gelijk aan $1,0 \text{ m} \times 1,0 \text{ m} \times 0,23 \text{ m} = 0,23 \text{ m}^3$.
 De massa hiervan is $0,23 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg m}^{-3} = 5,52 \cdot 10^2 \text{ kg}$.

$$\text{Om dezelfde massa aan CO}_2 \text{ te verkrijgen is } \frac{5,52 \cdot 10^2}{1,986} = 2,8 \cdot 10^2 \text{ m}^3 \text{ CO}_2 \text{ nodig.}$$

- b** Het verschil in ppm is $400 - 280 = 120 \text{ ppm}$.
 $1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg} = 10^{-6} \text{ kg CO}_2 \text{ per kg lucht}$, dus $120 \text{ ppm} = 120 \cdot 10^{-6} \text{ kg CO}_2$.
 Dit komt overeen met $5,15 \cdot 10^{18} \text{ kg} \times 120 \cdot 10^{-6} = 6,18 \cdot 10^{14} \text{ kg CO}_2$.
 De hoeveelheid CO_2 die je hiermee kunt produceren is dan gelijk aan:

$$\frac{6,18 \cdot 10^{14}}{2400} = 2,58 \cdot 10^{11} \text{ m}^3 \text{ wegdek}$$

- c** 1 km wegdek heeft een volume van $1,0 \cdot 10^3 \text{ m} \times 1,0 \text{ m} \times 0,23 \text{ m} = 230 \text{ m}^3$.

$$\frac{2,58 \cdot 10^{11}}{230} = 1,12 \cdot 10^9 \text{ km wegdek.}$$

9.4 Duurzame brandstoffen

A 29

- a** De CO_2 die planten hebben opgenomen voordat ze fossiliseerden, is miljoenen jaren geleden uit de lucht verdwenen. Wanneer nu aardolie wordt verbrand, komt alle CO_2 versneld in de atmosfeer. Maar die hoeveelheden zijn te groot om weer te worden gebruikt voor de fotosynthese. Daardoor neemt de concentratie CO_2 in de atmosfeer toe. Het gebruik van aardolie en steenkool is dus niet CO_2 -neutraal.

- b** Planten en bomen nemen tijdens hun groei CO_2 op uit de lucht en zetten dat via fotosynthese om in bouwstoffen. De zon fungeert daarbij als energiebron. Als de biobrandstof daarna wordt verbrand, komt het CO_2 vrij. Er is dus sprake van een kringloop waarin de totale hoeveelheid CO_2 gelijk blijft. Dit noem je CO_2 -neutraal.

B 30

- a** De planten in de kassen gebruiken de CO_2 voor de groei. Ze zetten deze via de fotosynthese om in glucose. Extra CO_2 betekent meer glucose en dus meer groei.
b Dit levert maar een beperkte bijdrage aan het verminderen van de CO_2 -uitstoot, want de CO_2 -uitstoot is veel groter dan er aan kassen beschikbaar is. Je kunt ook niet te veel CO_2 in de kassen brengen, want dan verstoort je het groeiproces te veel.

A 31

Bio-ethanol en biogas worden geproduceerd door middel van vergisting. Biodiesel wordt geproduceerd door omestering.

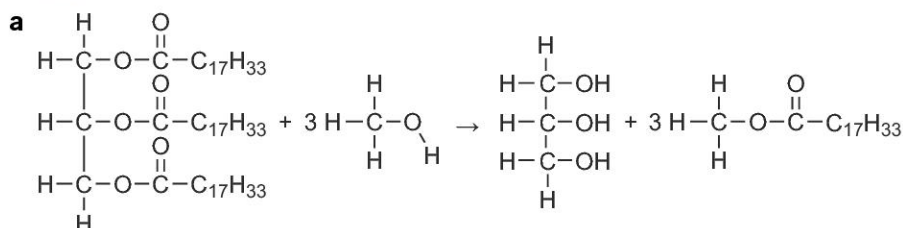
B 32

- 1 De voorraad aan voedselgewassen neemt af.
- 2 Doordat de biobrandstoffen concurreren met voedsel, zal de prijs van voedsel stijgen.

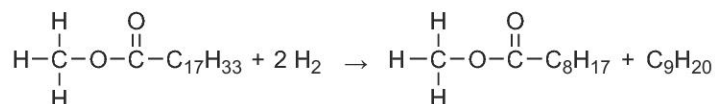
B 33

- a** $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2 \text{C}_2\text{H}_6\text{O} + 2 \text{CO}_2$
b $\text{C}_2\text{H}_6\text{O} + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$

B 34



- b** Een onverzadigde verbinding is een koolstofverbinding, waarin $\text{C}=\text{C}$ -bindingen voorkomen.
c Er zijn meerdere antwoorden mogelijk, bijvoorbeeld:



C 35

- a** $\text{C}_{51}\text{H}_{104} \rightarrow 2 \text{C}_{17}\text{H}_{34} + \text{C}_{17}\text{H}_{36}$ of $\text{C}_{51}\text{H}_{104} \rightarrow 2 \text{C}_{17}\text{H}_{36} + \text{C}_{17}\text{H}_{32}$
b De auto gebruikt 1,0 liter diesel per 20 km.

gereden afstand (km)	20	30 000
gebruikte diesel (L)	1,0	x

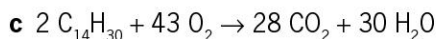
$$x = \frac{30\,000 \times 1,0}{20} = 1500 \text{ L diesel nodig}$$

1,0 ton wilgenhout levert 150 L groene diesel, er is dus 10 ton wilgenhout nodig voor 1500 L groene diesel.

Per hectare wordt 11 ton wilgenhout geproduceerd.

wilgenhout (ton)	11	10
oppervlakte grond (hectare)	1,0	x

$$x = \frac{1,0 \times 10}{11} = 0,91 \text{ hectare wilgenhout}$$



- d Reken het aantal liter groene diesel om naar mol groene diesel. Eerst reken je de massa uit van 150 L groene diesel. De dichtheid van groene diesel is $0,79 \text{ kg L}^{-1}$.

$$150 \times 0,79 = 118,5 \text{ kg} = 1,19 \cdot 10^5 \text{ g diesel}$$

De molaire massa van groene diesel ($\text{C}_{14}\text{H}_{30}$) is $198,38 \text{ g mol}^{-1}$.

$$1,19 \cdot 10^5 \text{ g diesel} \triangleq \frac{1,19 \cdot 10^5}{198,38} = 5,97 \cdot 10^2 \text{ mol diesel}$$

Molverhouding diesel : $\text{CO}_2 = 2 : 28 = 1 : 14$

Dus $5,97 \cdot 10^2 \text{ mol diesel}$ levert $14 \times 5,97 \cdot 10^2 = 8,36 \cdot 10^3 \text{ mol CO}_2$.

Dit komt overeen met $8,36 \cdot 10^3 \times 44,010 = 3,7 \cdot 10^2 \text{ kg CO}_2$.

- e De CO_2 die bij verbranding van de groene diesel vrijkomt is in de jaren voor de wilgenkap tijdens het groeien van de wilgen opgenomen uit de atmosfeer, in tegenstelling tot de CO_2 die vrijkomt bij de verbranding van fossiele brandstoffen. Die is miljoenen jaren geleden opgenomen uit de atmosfeer.

A 36

- a Zonne-energie, windenergie en waterkracht
b Bij het verbranden van een biobrandstof komt meer niet-nuttige energie (warmte) vrij. Hierdoor neemt de kwaliteit van de energie af. Bij het omzetten van elektrische energie in andere energievormen komt vaak minder niet-nuttige energie vrij.

C 37

- a Bij elke energieomzetting ontstaat een deel niet-nuttige energie. Hierdoor neemt de kwaliteit van de energie af.
b $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$
c Voor de elektrolyse is elektrische energie nodig, dus het is een endotherm proces.
d De vormingswarmtes van de stoffen zijn als volgt:

4 H_2	$4 \times 0 = 0 \text{ J}$
1 CO_2	$-3,935 \cdot 10^5 \text{ J}$
1 CH_4	$-0,75 \cdot 10^5 \text{ J}$
2 H_2O	$2 \times -2,42 \cdot 10^5 = -4,84 \cdot 10^5 \text{ J}$

De totale vormingswarmte van de beginstoffen is $-3,935 \cdot 10^5 \text{ J}$.

De totale vormingswarmte van de reactieproducten is:

$$(-0,75 \cdot 10^5) + (-4,84 \cdot 10^5) = -5,59 \cdot 10^5 \text{ J}$$

De reactiewarmte is $(-5,59 \cdot 10^5) - (-3,935 \cdot 10^5) = -1,66 \cdot 10^5 \text{ J}$.

Aangezien er 4 mol H_2 reageert is de reactiewarmte per mol H_2 :

$$\frac{-1,66 \cdot 10^5}{4} = -4,1 \cdot 10^4 \text{ J}$$

- e Voorbeelden van een juist argument voor Pia zijn:
- Bij elke omzetting treden (energie)verliezen op.
 - Methanisering is exotherm, dus er raakt energie verloren (bij de energieopslag).

Voorbeelden van een juist argument voor Koen zijn:

- Methaan is gemakkelijk op te slaan in het aardgasnet (terwijl het opslaan van waterstof kostbaar is en veel energie kost).
- Het opslaan van waterstof (is kostbaar en) kost veel energie (terwijl methaan gemakkelijk is op te slaan in het aardgasnet).
- Methaan kan zowel voor vervoersmiddelen als voor (huishoudelijke) gastoestellen worden gebruikt (terwijl waterstof alleen voor vervoersmiddelen wordt ingezet als brandstof).
- Er is geen opslagnetwerk voor waterstof beschikbaar (en wel voor methaan).
- Methaan kan gemakkelijk worden opgeslagen en vervoerd in het aardgasnet (en voor waterstof is zo'n netwerk niet beschikbaar).

Afsluiting

1

a 30 mL = 0,030 L

Het aantal mol KI in 30 mL van een 0,44 M KI oplossing is $0,030 \times 0,44 = 1,32 \cdot 10^{-2}$ mol.

Om een 0,33 M KI oplossing te krijgen, moet je dit aantal mol oplossen in $\frac{1,32 \cdot 10^{-2}}{0,33} = 0,040$ L = 40 mL.

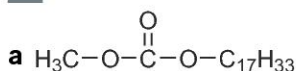
Je moet dus $40 - 30 = 10$ mL water toevoegen.

b Het duurt 60 s voordat de temperatuur maximaal is en dus alle H_2O_2 heeft gereageerd. De reactiesnelheid is dan:

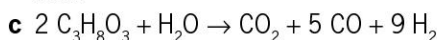
$$\text{gemiddelde reactiesnelheid} = \frac{2,7}{60} = 4,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

c Naarmate $[\text{I}^-]$ stijgt, zie je in het diagram dat de temperatuur eerder zijn maximum bereikt. Het duurt dus korter tot alle H_2O_2 heeft gereageerd, oftewel de reactiesnelheid wordt groter.

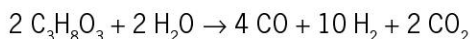
2



b In een vetzuurstaart met alleen enkele bindingen komen op elk C-atoom twee H-atomen voor, plus één H-atoom aan het uiteinde van de staart. Bij een verzadigd vetzuur met 17 C-atomen zou je dan $17 \times 2 + 1 = 35$ H-atomen verwachten. Voor elke dubbele binding heeft het vetzuur twee H-atomen minder. In dit molecuul komen dus 4 C=C-bindingen voor.



d Wanneer meer stoom reageert, ontstaat meer H_2 en meer CO_2 en (dus) minder CO. Zie het voorbeeld hierna.



Dus per mol CO ontstaat meer H_2 .

e De vormingswarmten van de stoffen zijn als volgt:

2 $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$	$2 \times -6,70 \cdot 10^5 = -1,34 \cdot 10^6 \text{ J}$
1 H_2O	$-2,42 \cdot 10^5 \text{ J}$
1 CO_2	$-3,935 \cdot 10^5 \text{ J}$
5 CO	$5 \times -1,105 \cdot 10^5 = -5,525 \cdot 10^5 \text{ J}$
9 H_2	$9 \times 0 = 0 \text{ J}$

De totale vormingswarmte van de beginstoffen is:

$$(-1,34 \cdot 10^6) + (-2,42 \cdot 10^5) = -1,58 \cdot 10^6 \text{ J}$$

De totale vormingswarmte van de reactieproducten is:

$$(-3,935 \cdot 10^5) + (-5,525 \cdot 10^5) = -9,46 \cdot 10^5 \text{ J}$$

$$\text{De reactiewarmte is } (-9,46 \cdot 10^5) - (-1,58 \cdot 10^6) = +6,34 \cdot 10^5 \text{ J.}$$

De reactiewarmte is positief, het is dus een endotherme reactie. De reactor moet daarom worden verwarmd.

f Bij een hogere temperatuur bewegen deeltjes sneller. De kans op een effectieve botsing is dan groter, waardoor de reactiesnelheid hoger is. Een hogere reactiesnelheid betekent dat je sneller je product kunt produceren. De productie van methanol is per tijdseenheid dan hoger.

- g** Uit 1,3 ton glycerol wordt 1,0 ton biomethanol geproduceerd. Om $200 \cdot 10^3$ ton biomethanol te produceren is dan $200 \cdot 10^3 \times 1,3 = 260 \cdot 10^3$ ton glycerol nodig. Voor reactie 1 geldt de volgende massaverhouding:
 Vet of olie + methanol $\rightarrow$ biodiesel + glycerol
 10 ton : 1,0 ton : 10 ton : 1,0 ton

Voor de productie van $260 \cdot 10^3$ ton glycerol is dan ook $260 \cdot 10^3$ ton (bio)methanol nodig. De biomethanolfabriek levert maar $200 \cdot 10^3$ ton biomethanol. Er is $260 \cdot 10^3 - 200 \cdot 10^3 = 60 \cdot 10^3$ ton methanol uit aardgas extra nodig.

- h** De biomethanolfabriek produceert $200 \cdot 10^3$ ton biomethanol per jaar. Dit komt overeen met $200 \cdot 10^9$ g biomethanol. De molaire massa van methanol is $32,042 \text{ g mol}^{-1}$.

Het aantal mol is dan $\frac{200 \cdot 10^9}{32,042} = 6,24 \cdot 10^9$ mol per jaar.

Het volume van de reactor is 1000 L.

Er is dus $\frac{6,24 \cdot 10^9}{1000} = 6,24 \cdot 10^6 \text{ mol L}^{-1}$ per jaar geproduceerd.

Een jaar komt overeen met $365 \times 24 \times 60 \times 60 = 3,15 \cdot 10^7 \text{ s}$.

Gemiddelde reactiesnelheid = $\frac{6,24 \cdot 10^6}{3,15 \cdot 10^7} = 1,98 \cdot 10^{-1} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$

3

- a** Methaanmoleculen hebben geen OH- of NH-groepen. Ze kunnen daardoor geen waterstofbruggen vormen met watermoleculen vormen.
b De molaire massa van methaanijs is $16,043 + 5,75 \times 18,015 = 120 \text{ g mol}^{-1}$.

Het massapercentage methaan in het methaanijs is $\frac{16,043}{120} \times 100\% = 13,4\%$.

- c** $1,0 \text{ dm}^3$ methaanijs heeft een massa van $1,0 \times 0,90 = 0,90 \text{ kg} = 0,90 \cdot 10^3 \text{ g}$.

Daarvan is 13,4% methaan, dus $\frac{13,4}{100} \times 0,90 \cdot 10^3 = 0,12 \cdot 10^3 \text{ g}$ methaan.

De molaire massa van methaan is $16,043 \text{ g mol}^{-1}$. Het aantal mol is dan:

$$\frac{0,12 \cdot 10^3}{16,043} = 7,52 \text{ mol}$$

Eén mol methaan heeft een volume van $24,5 \text{ dm}^3$.

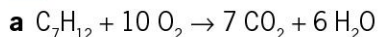
Het volume is dan $7,52 \times 24,5 = 1,8 \cdot 10^2 \text{ dm}^3$.

- d** $1,00 \text{ mol}$ methaan heeft een massa van $16,043 \text{ g}$. Het draagt 25 maal zo veel bij als een gelijke massa aan koolstofdioxide. Voor dezelfde bijdrage zou er dus $25 \times 16,043 = 4,01 \cdot 10^2 \text{ g CO}_2$ vrij moeten komen. De molaire massa van CO_2 is $44,010 \text{ g mol}^{-1}$.

Het aantal mol is dan $\frac{4,01 \cdot 10^2}{44,010} = 9,1 \text{ mol CO}_2$.

- e** Bij de (volledige) verbranding van methaan ontstaat per molecuul CH_4 één molecuul CO_2 . Netto wordt dus geen CO_2 geproduceerd wanneer evenveel CO_2 moleculen worden opgeslagen als CH_4 -moleculen worden gewonnen/verbrand.
f Voorbeelden van een juist antwoord zijn:
- Bij de winning kan methaan ontsnappen waardoor het broeikaseffect wordt versterkt.
 - Bij de winning / het transport van methaan wordt ook CO_2 geproduceerd.
 - Het is beter om het methaan te winnen en te verbranden in plaats van het risico te lopen dat het in de toekomst vrijkomt (bij het toenemen van de temperatuur).

4



- b** De dichtheid van benzine is $0,72 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3} = 0,72 \text{ kg L}^{-1}$.
 26 liter benzine is $26 \times 0,72 = 18,7 \text{ kg} = 18,7 \cdot 10^3 \text{ g benzine}$.
 De molaire massa van C_7H_{12} is $96,17 \text{ g mol}^{-1}$.

$$18,7 \cdot 10^3 \text{ g benzine} \triangleq \frac{18,7 \cdot 10^3}{96,17} = 195 \text{ mol benzine.}$$

Molverhouding $\text{C}_7\text{H}_{12} : \text{CO}_2 = 1 : 7$

Dit levert $7 \times 195 = 1,36 \cdot 10^3 \text{ mol CO}_2$.

De molaire massa van CO_2 is $44,010 \text{ g mol}^{-1}$.

$$1,36 \cdot 10^3 \times 44,010 = 5,98 \cdot 10^4 \text{ g CO}_2 = 60 \text{ kg CO}_2$$

- c** De toename van de CO_2 -concentratie leidt tot een versterkt broeikaseffect.
d De vormingswarmten van de stoffen zijn als volgt:

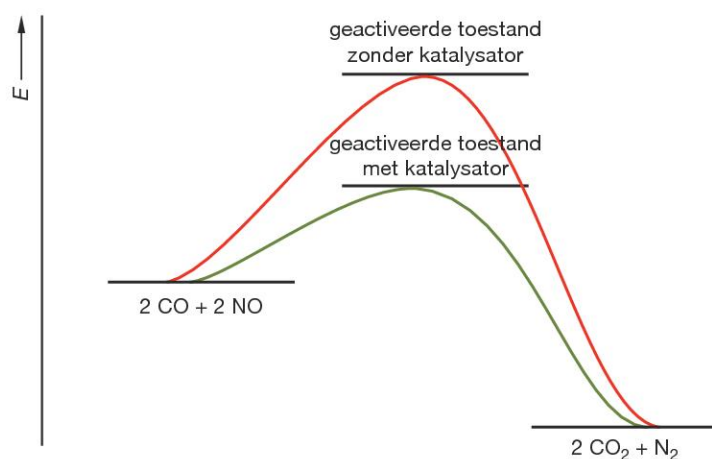
2 CO	$2 \times -1,105 \cdot 10^5 = -2,210 \cdot 10^5 \text{ J}$
2 NO	$2 \times +0,913 \cdot 10^5 = 1,826 \cdot 10^5 \text{ J}$
2 CO ₂	$2 \times -3,935 \cdot 10^5 = -7,870 \cdot 10^5 \text{ J}$
1 N ₂	0 J

De totale vormingswarmte van de beginstoffen is $-0,384 \cdot 10^5 \text{ J}$.

De totale vormingswarmte van de reactieproducten is $-7,870 \cdot 10^5 \text{ J}$.

De reactiewarmte is $(-7,870 \cdot 10^5) - (-0,384 \cdot 10^5) = -7,49 \cdot 10^5 \text{ J}$.

- e** Zie figuur 9.3.



9.3

Redoxreacties

10.1 Elektronenoverdracht

A 1

Een redoxreactie is een reactie waarbij elektronen worden overgedragen.

B 2

- a Er worden elektronen opgenomen.
- b Er worden elektronen afgestaan.
- c Er worden elektronen opgenomen.

A 3

Er veranderen een of meer deeltjes van lading.

B 4 

- a Vergelijking 1 en 3
- b Vergelijking 2 is een oplosvergelijking, vergelijking 4 is een zuur-basereactie.

C 5 

- a palladiumchloridedihydraat
- b Alle drie de vergelijkingen zijn van een redoxreactie. Bij de eerste wordt het palladium-ion in palladiumchloridedihydraat omgezet in (ongeladen) palladium; bij de tweede reactie gebeurt het omgekeerde. Bij de derde reactie wordt het koper(II)ion in CuCl omgezet in een koper(II)ion in koperchloridedihydraat.

10.2 Halfreacties

A 6

Edele metalen: goud, zilver en platina

Halfedele metalen: koper en kwik

Onedele metalen: ijzer, aluminium en zink

Zeer onedele metalen: kalium, natrium en calcium

A 7

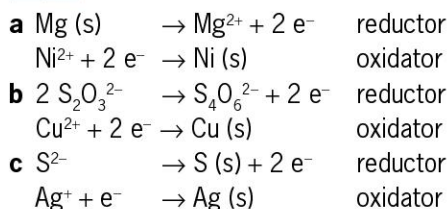
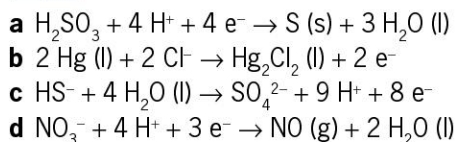
- a Een reductor is een deeltje dat elektronen kan afstaan.
Een oxidator is een deeltje dat elektronen kan opnemen.
- b Hoe sterker een reductor hoe lager deze in Binas tabel 48 staat.
- c Hoe sterker een oxidator hoe hoger deze in Binas tabel 48 staat.

B 8 

- a Magnesium, kobalt, kwik, goud
- b Ag^+ , Pb^{2+} , Co^{2+} , Zn^{2+}
- c I_2 , Br_2 , Cl_2 , F_2

A 9

Een halfreactie is de vergelijking waarmee je aangeeft hoe een reductor of een oxidator reageert. Het is de helft van een redoxreactie.

B 10**B 11****C 12** ★

- a** Om van As^{3+} naar As^{5+} te gaan moet As^{3+} twee elektronen afstaan. Het is dus de reductor.
b $\text{As}^{3+} + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{As (s)}$
c Er bestaat As^{5+} en As^{3+} . Deze kan ontstaan als As elektronen afgeeft. As (s) is dus een reductor.
d $\text{H}_3\text{AsO}_4 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{HAsO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O (l)}$
e IJzer is een onedel metaal en reageert dus redelijk gemakkelijk als reductor met zuurstof en water. Het wordt daarbij een zout met ijzerionen.

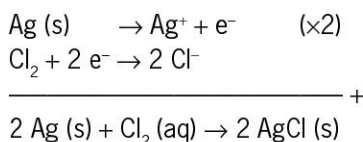
10.3 Totaalreacties

A 13

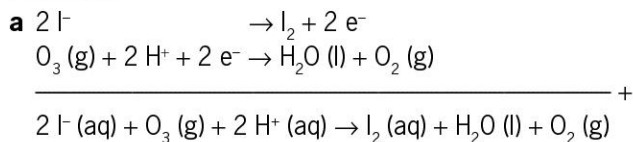
Er kunnen bij een proces geen elektronen uit het niets ontstaan of vrijkomen.

B 14

Zilver reageert met chloor volgens onderstaande reactievergelijking.



In de totaalreactie staat AgCl achter de pijl. De ionen die in de halfreacties worden gevormd, Ag^+ en Cl^- , vormen het slecht oplosbare zout AgCl.

B 15 ★

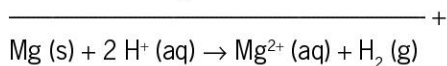
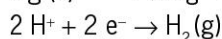
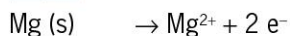
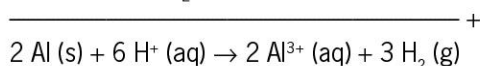
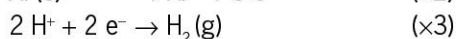
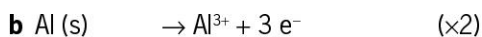
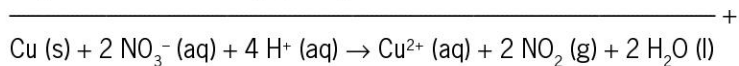
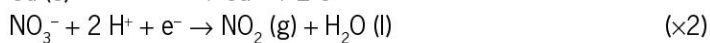
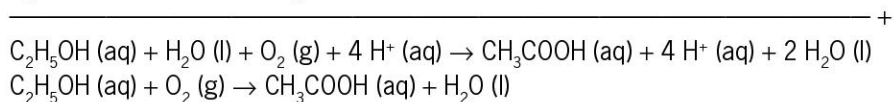
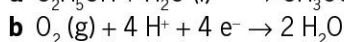
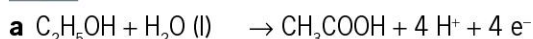
- b** $200 \mu\text{g O}_3 = 200 \cdot 10^{-6} \text{ g O}_3$
 De molaire massa van ozon is $3 \times 16,00 = 48,00 \text{ g mol}^{-1}$.

$$200 \cdot 10^{-6} \text{ g O}_3 \triangleq \frac{200 \cdot 10^{-6}}{48,00} = 4,17 \cdot 10^{-6} \text{ mol O}_3$$

Molverhouding $\text{O}_3 : \text{I}^- = 1 : 2$

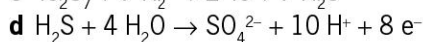
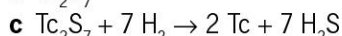
Er is $4,17 \cdot 10^{-6} \times 2 = 8,33 \cdot 10^{-6} \text{ mol I}^-$ nodig, dus ook $8,33 \cdot 10^{-6} \text{ mol KI}$.

Dit komt overeen met $8,33 \cdot 10^{-6} \times 166,00 = 1,38 \cdot 10^{-3} \text{ g KI} = 1,38 \text{ mg KI}$.

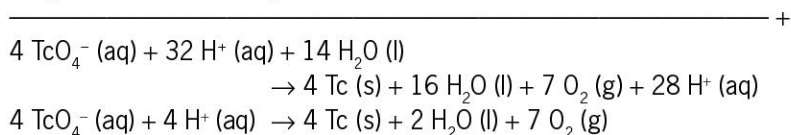
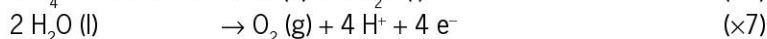
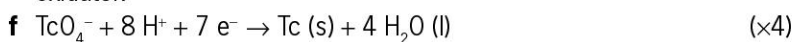
B 16**B 17****B 18****C 19**

a Aantal protonen: 43

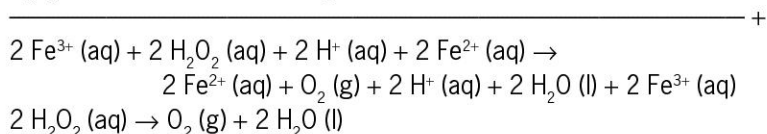
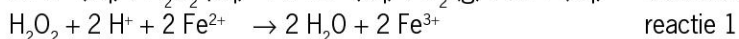
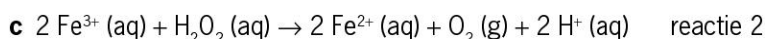
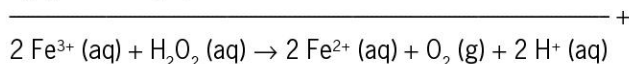
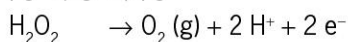
Aantal elektronen: $43 - 7 = 36$



e De elektronen staan vóór de pijl en worden opgenomen, dus het is de halfreactie van de oxidator.

**C 20**

a Bij 60 °C bewegen de deeltjes sneller dan bij kamertemperatuur waardoor er per tijdseenheid meer en hardere botsingen plaatsvinden. Het aantal effectieve botsingen is daardoor groter en dus is de reactiesnelheid en daarmee de snelheid van de gasontwikkeling bij 60 °C groter dan bij kamertemperatuur.



d In de vergelijking van de totale reactie komt geen Fe^{2+} voor, dus de hoeveelheid zuurstof die kan ontstaan hangt niet af van de hoeveelheid Fe^{2+} -ionen waarmee Melcher begint. De Fe^{2+} -ionen zijn hier een katalysator.

10.4 Elektrochemische cellen

A 21

- a** Een reductorhalfcel en een oxidatorhalfcel die zijn verbonden via een draad en een elektrolytoplossing.
- b** Chemische energie wordt omgezet in elektrische energie.

B 22

Dan geeft de reductor direct de elektronen aan de oxidator af. Zo gaan ze niet door een draad en loopt er geen stroom.

B 23

- a** De koperionen zijn de oxidator en die reageert aan de positieve elektrode.
- b** De koperionen die de blauwe kleur veroorzaken worden omgezet in koperatomen die op de koperelektrode neerslaan. De elektrode wordt dus zwaarder.

C 24

- a** Het zuur H_2S geeft H^+ af aan de base O^{2-} in Ag_2O ; daarbij ontstaat water. Uit H_2S ontstaat S^{2-} dat met de zilverionen Ag_2S vormt. Het is dus een zuur-basereactie.
- b** Aluminium staat elektronen af en is dus de reductor. Aluminium is de negatieve elektrode en het voorwerp dat je schoonmaakt is de positieve elektrode.
- c** De plaat voor en na het schoonmaakproces wegen. Als er aluminium wordt omgezet in ionen, dan zal de massa zijn afgenomen.
- d** Bakpoeder en soda zijn beide zouten en dus opgebouwd uit ionen. Een oplossing van deze stoffen geleidt de elektrische stroom. Suiker is een moleculaire stof. Een oplossing van deze stof geleidt de elektrische stroom niet en dit werkt dus niet.
- e** Tussen de plaat en de zilveren voorwerpen moet elektronenoverdracht plaatsvinden. Elektronen kunnen door metalen voorwerpen stromen en dus kan indirect contact ook.
- f** Het aluminium van de plaat wordt omgezet. Dus ja, de plaat wordt steeds lichter en gaat ooit op.

A 25

Een batterij is oplaadbaar als de reactieproducten bij stroomlevering bij de elektrodes blijven.

B 26 

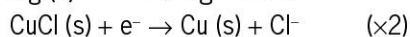
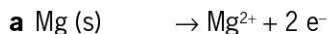
- a** De elektronen staan in de vergelijking van halfreactie 1 na de pijl. Dit is dus de vergelijking van de reductor.
- b** De elektronen gaan van de reductor Zn naar de oxidator MnO_2 . Elektronen gaan altijd van de negatieve naar de positieve elektrode. De zinkelektrode is dus de negatieve elektrode.
- c** MnO_2 bevat twee O^{2-} -ionen. De totale minlading is dus $4-$. Mn in MnO_2 heeft dus een lading van $4+$. MnO(OH) bevat een O^{2-} -ion en een OH^- -ion. De totale minlading is dus $3-$. Mn in MnO(OH) is dus $3+$.
- d**

$$\begin{array}{l} \text{Zn} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{ZnO} + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \\ 2 \text{MnO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{MnO(OH)} + 2 \text{OH}^- \\ \hline \text{Zn} + 2 \text{OH}^- + 2 \text{MnO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ZnO} + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{MnO(OH)} + 2 \text{OH}^- \\ \text{Zn} + 2 \text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ZnO} + 2 \text{MnO(OH)} \end{array}$$
- e** Er ontstaan alleen vaste stoffen bij deze reactie. Deze blijven bij de elektrodes en dus is de batterij oplaadbaar.

B 27 

- a**

$$\begin{array}{l} \text{Li (s)} \rightarrow \text{Li}^+ + \text{e}^- \\ \text{I}_2 \text{ (s)} + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{I}^- \end{array}$$
- b** De elektronen gaan van de reductor Li naar de oxidator I_2 . Elektronen gaan altijd van de negatieve naar de positieve elektrode. De elektrode met jood is dus de positieve elektrode.
- c** Als er een lage stroom loopt, dan levert de cel maar weinig elektronen per seconde. Er reageert niet zo veel van de stoffen per seconde en daardoor raken die minder snel op. Daardoor is de levensduur langer.

C 28

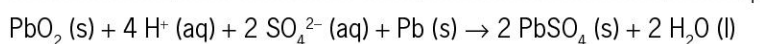
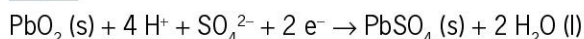
Opgeteld geeft dit de vergelijking uit de tekst.

b De elektronen gaan van de reductor Mg naar de oxidator CuCl. Elektronen gaan altijd van de negatieve naar de positieve elektrode. De magnesiumstrip is hier de negatieve elektrode.

c Er kan pas stroomlevering plaatsvinden als de stroomkring gesloten is. De ionen in het zeewater werken als elektrolyt. Daarom gaat het lampje pas branden als het vest in zee komt; dan wordt de stroomkring gesloten.

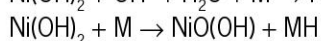
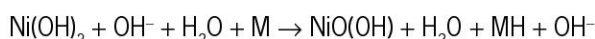
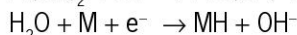
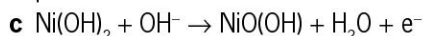
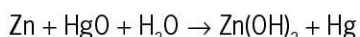
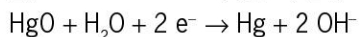
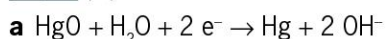
A 29

Elektrolyse is de naam van het proces waarbij batterijen en accu's worden opgeladen.

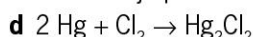
B 30**B 31**

a NiO(OH) bevat een O^{2-} -ion en een OH^- -ion. De totale minlading is dus 3-. Ni in NiO(OH) is dus 3+.

b Bij elektrode B komen elektronen vrij. Elektronen gaan altijd van de negatieve naar de positieve elektrode. Elektrode B is dus de negatieve elektrode.

**C 32** ★

c Er ontstaan alleen vaste stoffen bij deze reactie. Deze blijven bij de elektrodes en dus is de batterij oplaadbaar.



e De molaire massa van Hg is $220,6 \text{ g mol}^{-1} = 200,6 \text{ mg mmol}^{-1}$.

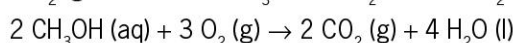
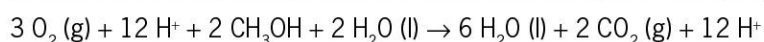
$$0,31 \text{ mg Hg} \triangleq \frac{0,31}{200,6} = 1,55 \cdot 10^{-3} \text{ mmol Hg}$$

$$\text{Molverhouding Hg : Hg}_2\text{Cl}_2 = 2 : 1$$

$$\text{Er ontstaat } \frac{1,55 \cdot 10^{-3}}{2} = 7,73 \cdot 10^{-4} \text{ mmol Hg}_2\text{Cl}_2.$$

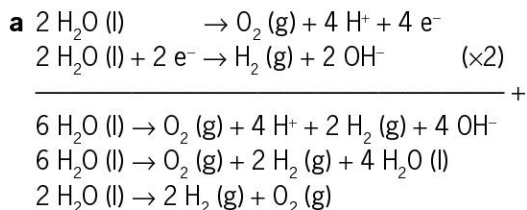
De molaire massa van Hg_2Cl_2 is $472,1 \text{ mg mmol}^{-1}$.

Er kan $7,73 \cdot 10^{-4} \times 472,1 = 0,36 \text{ mg Hg}_2\text{Cl}_2$ ontstaan.

A 33

B 34

- a** Dan is er geen gesloten stroomkring.
b Nee, elektronen bewegen zich door de stroomdraad.
c De H^+ -ionen gaan van de negatieve elektrode naar de positieve.
 De elektronen gaan van de negatieve elektrode naar de positieve.

C 35 ★

- b** De vormingswarmtes zijn:

$2 \text{H}_2\text{O (l)}$	$2 \times -2,86 \cdot 10^5 = -5,72 \cdot 10^5 \text{ J}$
2H_2	0 J
1O_2	0 J

De totale vormingswarmte van de beginstoffen is $-5,72 \cdot 10^5 \text{ J}$.

De totale vormingswarmte van de reactieproducten is 0 J .

De reactiewarmte is $0 - (-5,72 \cdot 10^5) = 5,72 \cdot 10^5 \text{ J}$ voor 2 mol H_2 .

Dat is $\frac{5,72 \cdot 10^5}{2} = 2,86 \cdot 10^5 \text{ J}$ per mol H_2 .

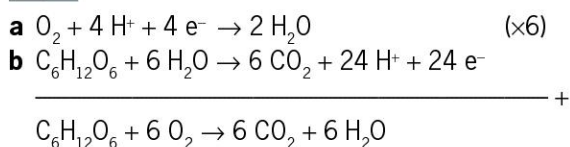
- c** De dichtheid van waterstof is $8,2 \cdot 10^{-5} \times 10^3 \text{ kg m}^{-3} = 8,2 \cdot 10^{-2} \text{ kg m}^{-3} = 8,2 \cdot 10^{-5} \text{ kg L}^{-1}$.
 De massa van $26\,500 \text{ L H}_2 = 26\,500 \times 8,2 \cdot 10^{-5} = 2,2 \text{ kg H}_2$.

- d** $2,2 \text{ kg H}_2 = 2,2 \cdot 10^3 \text{ g H}_2 \triangleq \frac{2,2 \cdot 10^3}{2,016} = 1,1 \cdot 10^3 \text{ mol H}_2$

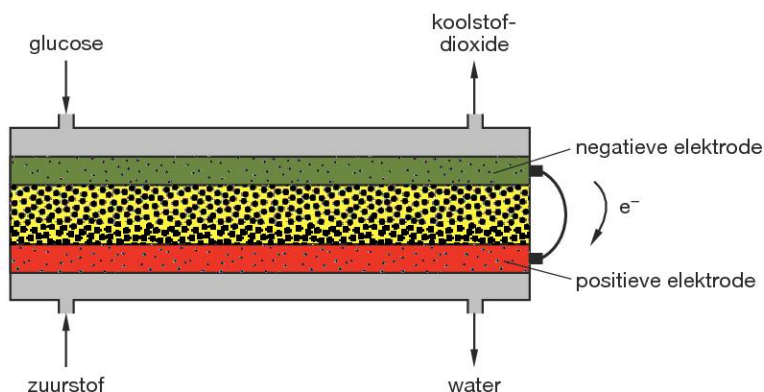
1 mol H_2 levert $2,86 \cdot 10^5 \text{ J}$ (antwoord op b).

$1,1 \cdot 10^3 \text{ mol H}_2$ levert dus $1,1 \cdot 10^3 \times 2,86 \cdot 10^5 = 3,1 \cdot 10^8 \text{ J}$.

- e** Door het waterstof samen te persen en onder hogere druk te vervoeren.
f Doordat de vrachtwagens vaak op een milieuvriendelijke brandstof rijden.

C 36

- c** Zie figuur 10.1.



10.1 Biobrandstofcel

Afsluiting

1

- a** De deeltjes die ontstaan bij de reactie die optreedt bij stroomlevering blijven bij de elektroden, er ontstaan namelijk vaste stoffen. De lithiumionen die nodig zijn bij de positieve elektrode worden geleverd door de negatieve elektrode. Die ionen kunnen tussen de elektrodes bewegen. Daardoor is de accu oplaadbaar.
- b** Bij opladen verlopen de reacties in tegengestelde richting.

$$\text{C (s)} + \text{Li}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{LiC (s)}$$

$$\text{LiCoO}_2 \text{ (s)} \rightarrow \text{CoO}_2 \text{ (s)} + \text{Li}^+ + \text{e}^-$$
- c** elektrolyse

2



- a** $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$
- b** $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \quad (\times 2)$
 $\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$
-
- +
- $$2 \text{CO} + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 4 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{CO}_2 + 4 \text{H}^+ + 2 \text{H}_2\text{O}$$
- $$2 \text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO}_2$$
- c** Zuurstof neemt elektronen op. Elektronen gaan altijd van de negatieve naar de positieve elektrode. Zuurstof reageert dus aan de positieve elektrode.
- d** Ja, want er komt continu zuurstof uit de omgeving bij een brandstof (hier koolstofmono-oxide).

3



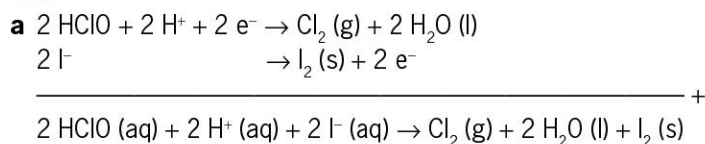
- a** $\text{SO}_4^{2-} + 9 \text{H}^+ + 8 \text{e}^- \rightarrow \text{HS}^- + 4 \text{H}_2\text{O}$
- b** $\text{SO}_4^{2-} + 9 \text{H}^+ + 8 \text{e}^- \rightarrow \text{HS}^- + 4 \text{H}_2\text{O}$
 $\text{CH}_3\text{COO}^- + 4 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{HCO}_3^- + 9 \text{H}^+ + 8 \text{e}^-$
-
- +
- $$\text{SO}_4^{2-} + 9 \text{H}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^- + 4 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HS}^- + 4 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{HCO}_3^- + 9 \text{H}^+$$
- $$\text{SO}_4^{2-} + \text{CH}_3\text{COO}^- \rightarrow \text{HS}^- + 2 \text{HCO}_3^-$$

4



- a** Glucose reageert aan elektrode A en staat elektronen af. Elektronen gaan altijd van de negatieve naar de positieve elektrode. Dus elektrode A is de negatieve elektrode.
- b** $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_6 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \quad (\times 2)$
 $\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$
-
- +
- $$2 \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2 + 4 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_6 + 4 \text{H}^+ + 2 \text{H}_2\text{O}$$
- $$2 \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_6 + 2 \text{H}_2\text{O}$$
- c** Bij elektrode A ontstaan H^+ -ionen en bij elektrode B reageren H^+ -ionen. Dus de H^+ -ionen bewegen zich van elektrode A naar elektrode B.
- d** Een oplossing van 0,40 M glucose bevat 0,40 mol glucose per liter en dus 0,40 mmol per mL. 20 mL 0,40 M glucose-oplossing bevat $20 \times 0,40 = 8,0$ mmol glucose. De molaire massa van glucose is $180,16 \text{ g mol}^{-1}$. De elektrode ruimte bevat $8,0 \cdot 10^{-3} \times 180,16 = 1,4 \text{ g}$ glucose.
- e** $8,0 \text{ mmol glucose} = 8,0 \times 2 = 16 \text{ mmol e}^-$
 In een uur heeft de bluetoothspeaker 2,3 mmol e^- nodig.
- Hij kan dus met $16 \text{ mmol e}^- \frac{16}{2,3} = 7,0$ uur spelen.

- f** Als het accuutje leeg is, heb je elektrische stroom nodig om het weer op te laden. Als deze niet beschikbaar is, ben je met een suikerbatterij in het voordeel. Deze hoeft je alleen maar te vullen met een verse glucose-oplossing.

5

- b** Voor de pijl staan losse ionen. Na de pijl staat een zout met diezelfde ionen. Er veranderen geen deeltjes van lading en het is dus geen redoxreactie. Het is een neerslagreactie.

- c** De molaire massa van MgSO_4 is $120,37 \text{ g mol}^{-1}$.

$$1,22 \text{ g MgSO}_4 \triangleq \frac{1,22}{120,37} = 0,0101 \text{ mol MgSO}_4 = 0,0101 \text{ mol Mg}^{2+}$$

Molverhouding $\text{Mg}^{2+} : \text{Mg}(\text{OH})_2 = 1 : 1$, dus er ontstaat $0,0101 \text{ mol Mg}(\text{OH})_2$.

Dit komt overeen met $0,0101 \times 58,320 = 0,591 \text{ g Mg}(\text{OH})_2$.

(Molaire massa $\text{Mg}(\text{OH})_2$ is $58,320 \text{ g mol}^{-1}$.)

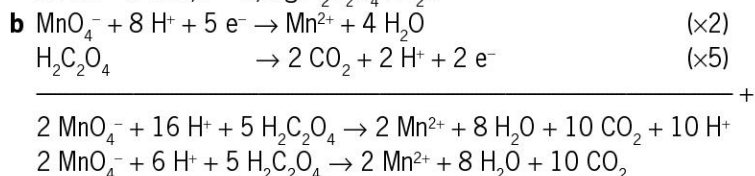
- d** I_2 reageert als oxidator, want deze stof neemt elektronen op om weer I^- te worden, dus vitamine C is in deze reactie reductor.

- e** I_2 -zetmeel heeft een donkere/blauwe kleur volgens Binas tabel 65B. Als I_2 reageert tot I^- , verdwijnt de donkere/blauwe kleur.

- f** Het zuur CH_3COOH geeft H^+ af aan de base OH^- in $\text{Mg}(\text{OH})_2$ en daarbij ontstaat water. Uit CH_3COOH ontstaat CH_3COO^- . Het is dus een zuur-basereactie en geen redoxreactie.

6

- a** 1 mL 0,50 M oxaalzuuroplossing bevat 0,50 mmol oxaalzuur.
 100 mL 0,50 M oxaalzuuroplossing bevat $100 \times 0,50 = 50 \text{ mmol}$ oxaalzuur.
 Je hebt dus ook 50 mmol oxaalzuurdihydraat nodig ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).
 De molaire massa van $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ is $126,1 \text{ g mol}^{-1}$.
 $50 \text{ mmol oxaalzuurdihydraat} = 50 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ komt overeen met:
 $50 \cdot 10^{-3} \times 126,1 = 6,3 \text{ g H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$



- c** Bij een hogere temperatuur gaan de deeltjes sneller bewegen en botsen ze vaker en harder tegen elkaar. Dat resulteert in een hoger aantal effectieve botsingen en dus in een hogere snelheid.
- d** Ze zou een oplosbaar mangaan(II)zout kunnen toevoegen, bijvoorbeeld $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ en kijken of de reactie door de aanwezigheid van de Mn^{2+} -ionen meteen sneller verloopt.

7

- a** $1,0 \text{ mg asparagusinezuur} \triangleq \frac{1,0}{150,2} = 6,66 \cdot 10^{-3} \text{ mmol asparagusinezuur}$

Uit 1 mol asparagusinezuur (bevat 2 S-atomen) kan 2 mol methaanthiol (bevat 1 S-atoom) ontstaan; dus uit $6,66 \cdot 10^{-3} \text{ mmol asparagusinezuur}$ kan $2 \times 6,66 \cdot 10^{-3} \text{ mmol}$ methaanthiol ontstaan. De molaire massa van CH_3SH is $48,10 \text{ g mol}^{-1} = 48,10 \text{ mg mmol}^{-1}$.

$1,33 \cdot 10^{-2} \text{ mmol CH}_3\text{SH}$ komt overeen met $1,33 \cdot 10^{-2} \times 48,10 = 0,64 \text{ mg CH}_3\text{SH}$.

- b** $2 \text{CH}_3\text{-SH} \rightarrow \text{CH}_3\text{-S-S-CH}_3 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$

- c** Methaanthiol fungeert hier als reductor, want deze stof staat elektronen af. Voor de omzetting is dus een oxidator nodig.

Kunststoffen

11.1 Additiepolymerisatie

A 1

- a**
- 1 Een monomeer is een klein molecuul, waaruit een groter ketenmolecuul of netwerkvormig molecuul kan worden gevormd.
 - 2 Een polymeer is een groot ketenmolecuul of netwerkvormig molecuul.
 - 3 Een copolymeer is een polymeer dat uit twee of meer verschillende monomeren is gevormd.
 - 4 Een polymerisatiereactie is de reactie waarbij uit monomeren een polymeer wordt gevormd.
- b** Additiepolymerisatie en condensatiepolymerisatie

B 2

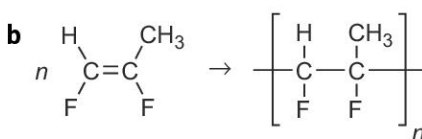
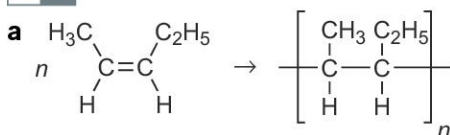
Het volume is $2,0 \times 1,0 \times 0,15 = 0,30 \text{ m}^3$ en de massa is 12 kg.

De dichtheid is dan $\frac{12}{0,30} = 40 \text{ kg m}^{-3}$.

A 3

- a** Additiepolymerisatie is een polymerisatiereactie waarbij een dubbele of drievoudige binding in de monomeren wordt verbroken en er nieuwe bindingen tussen de monomeren worden gevormd.
- b** Het monomeer bevat een dubbele of drievoudige binding (tussen twee C-atomen).
- c** Een initiator
- d** Het polymeer krijgt de naam 'poly-', gevolgd door de naam van het monomeer.
- e** $n \text{ C}_3\text{H}_6 \rightarrow (\text{C}_3\text{H}_6)_n$

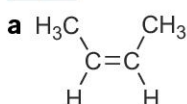
B 4

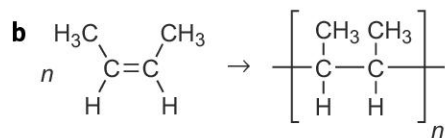


C 5

- a** Een additiepolymerisatie stopt wanneer het uiteinde van de gevormde polymeerketen reageert met de initiator. Door weinig initiator toe te voegen aan het reactiemengsel, wordt de kans dat dit gebeurt kleiner. Hierdoor wordt de polymeerketen (gemiddeld) langer.
- b** De gevormde polymeerketens hebben niet allemaal dezelfde lengte. De stof die is ontstaan is dus in feite een mengsel en mengsels hebben een smelttraject.

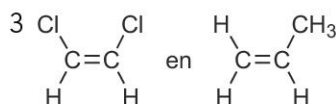
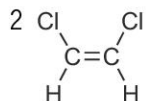
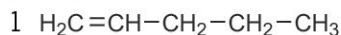
B 6



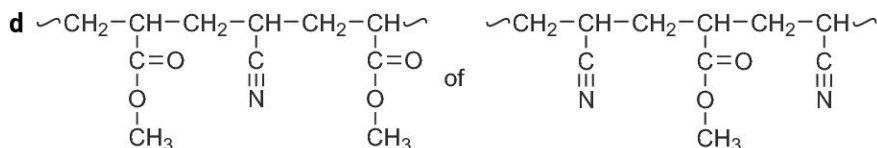
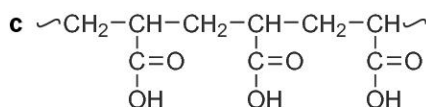
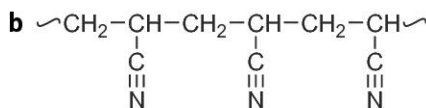
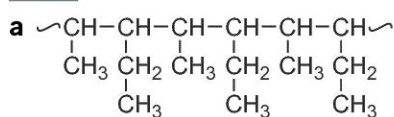


c polybut-2-een

B 7



B 8



C 9 ★

a De dichtheid van gewoon glas is $\sim 2,5 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3} = \sim 2,5 \text{ g cm}^{-3}$.

De dichtheid van ETFE is met $1,73 \text{ g cm}^{-3}$ dus lang niet een factor honderd minder.

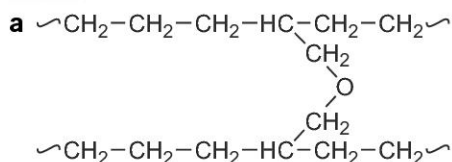
b De massa van één m^3 luchtkussens is in dit geval:

$$m_{\text{kussens}} = 0,010 \times 1,73 \cdot 10^3 + (1 - 0,010) \times 1,293 = 19 \text{ kg}$$

De dichtheid is dan $19 \text{ kg m}^{-3} = 0,019 \text{ g cm}^{-3}$.

$$\text{Dit is } \frac{2,5}{0,019} = 1,3 \cdot 10^2 \text{ keer zo klein als de dichtheid van glas.}$$

C 10



b Diallylether heeft twee dubbele bindingen. Het kan daardoor polymeriseren met verschillende ketens. De ketens raken daardoor onderling verbonden met atoombindingen, waardoor een netwerkstructuur ontstaat.

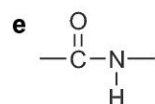
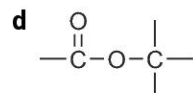
11.2 Condensatiepolymerisatie

A 11

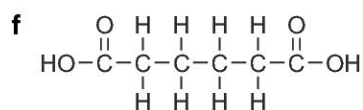
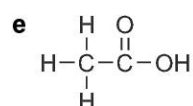
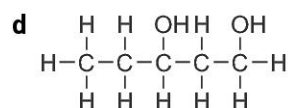
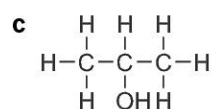
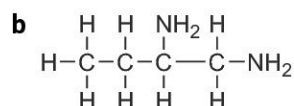
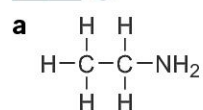
a Een zuurgroep, $\text{—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—OH}$ en een hydroxylgroep (—OH)

b Een zuurgroep, $\text{—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—OH}$ en een aminogroep (—NH_2)

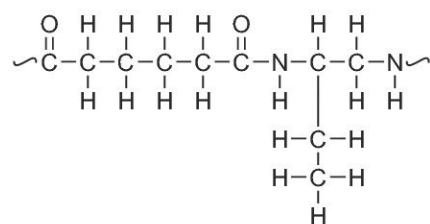
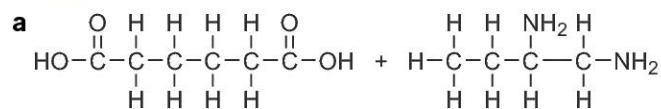
c In beide polymeerketens komen andere atomen dan C-atomen voor. In een polyester komen echter estergroepen voor, terwijl in een polyamide amidegroepen voorkomen.

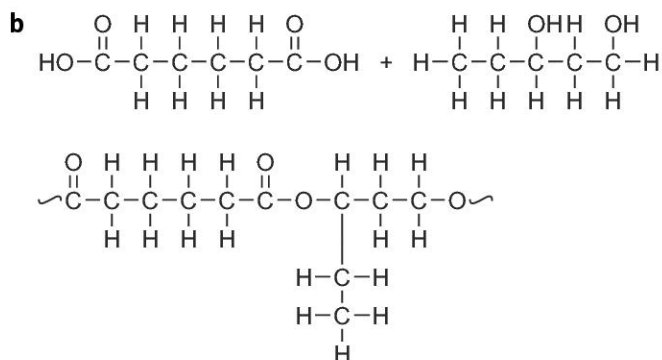


B 12



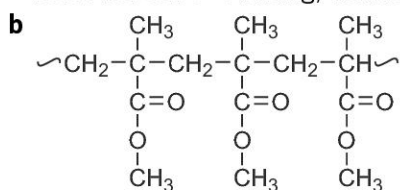
B 13





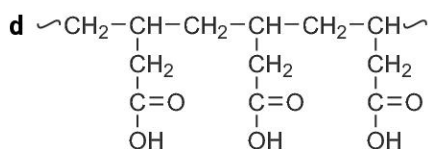
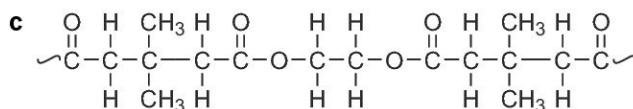
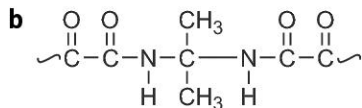
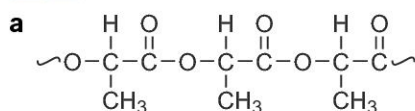
B 14

a PMMA is een additiepolymeer. Het monomeer waaruit PMMA wordt gevormd bevat niet de karakteristieke groepen die nodig zijn om een condensatiepolymeer te vormen. Het bevat wel een C=C-binding, waardoor additiepolymerisatie kan optreden.

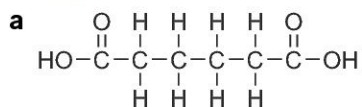


c Polycarbonaat is een condensatiepolymeer. In de repeterende eenheid komen in de polymeerketen esterbindingen voor.

B 15



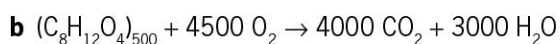
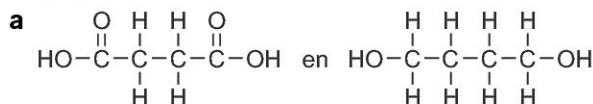
B 16



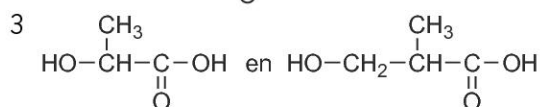
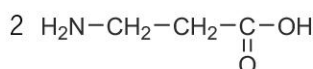
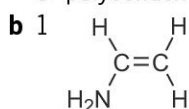
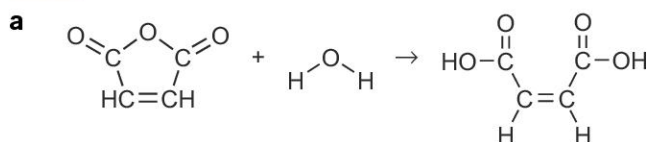
b De formule van de repeterende eenheid van Stanyl is $(C_{10}H_{18}N_2O_2)_n$ met als molecuulmassa:

$$10 \times 12,01 + 18 \times 1,008 + 2 \times 14,01 + 2 \times 16,00 = 198,26 \text{ u}$$

Het aantal repeterende eenheden is dan $\frac{2,0 \cdot 10^4}{198,26} = 1,0 \cdot 10^2$.

C 17**C 18**

- a**
- 1 polyadditie
 - 2 polycondensatie
 - 3 polycondensatie

**B 19**

b Ja, want bij de hydrolysereactie ontstaat er uit twee moleculen, één nieuw molecuul.

c $2,1 \cdot 10^3 \text{ kg} = 2,1 \cdot 10^6 \text{ g MZA per uur}$

De molaire massa van MZA is $4 \times 12,01 + 2 \times 1,008 + 3 \times 16,00 = 98,06 \text{ g mol}^{-1}$.

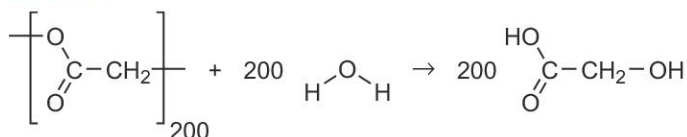
Er wordt dan $\frac{2,1 \cdot 10^6}{98,06} = 2,1 \cdot 10^4 \text{ mol MZA per uur}$ verbruikt.

De molverhouding MZA : water is 1 : 1, er wordt dus ook $2,1 \cdot 10^4 \text{ mol water per uur}$ verbruikt.

De molaire massa van water is $18,015 \text{ g mol}^{-1}$.

De massa is dan $2,1 \cdot 10^4 \times 18,015 = 3,9 \cdot 10^5 \text{ g water per uur}$.

In een jaar zit $365 \times 24 = 8,8 \cdot 10^3 \text{ uur}$. Op jaarbasis wordt dus $3,9 \cdot 10^5 \times 8,8 \cdot 10^3 = 3,4 \cdot 10^9 \text{ g water}$ verbruikt. Dit is $3,4 \cdot 10^3 \text{ ton}$.

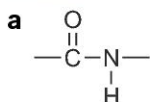
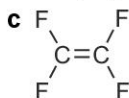
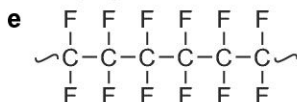
C 20 ★

11.3 Eigenschappen

A 21 ●

a Je kunt de kunststof verwarmen, bijvoorbeeld met een bunsenbrander. Als de kunststof daardoor zacht wordt of smelt, is hij een thermoplast. Als de kunststof hard blijft, is hij een thermoharder.

b Een thermoplast bestaat uit ketenvormige moleculen. Een thermoharder bestaat uit een netwerkvormig molecuul. Bij een thermoharder zijn de moleculen onderling verbonden door crosslinks.

B 22**b** Een polycondensatiereactie**d** Een polyadditiereactie**B 23****a** De massa van een monomeereenheid is $3 \times 12,01 + 6 \times 1,008 = 42,08$ u.De gemiddelde massa van het polymeer is dan $42,08 \times 800 = 3,37 \cdot 10^4$ u.**b** $3,37 \cdot 10^4 \times 1,7 \cdot 10^{-27} = 5,7 \cdot 10^{-23}$ g**c** $\frac{0,5}{5,7 \cdot 10^{-23}} = 8,7 \cdot 10^{21}$ moleculen**B 24****a** In de repeterende eenheid van alginaat komen OH-groepen voor. Deze OH-groepen kunnen met andere alginaatketens waterstofbruggen vormen.**b** In de repeterende eenheid van alginaat is een O-atoom negatief geladen. Het kan daardoor een ionbinding aangaan met positief geladen calciumionen.**c** In de keten van polyacrylamide komen alleen C-atomen voor. Het is dus een additiepolymeer.**d** Polyacrylamide bevat geen zijketens die onderling nieuwe bindingen aan kunnen gaan. De polyacrylamideketens zullen dus geen crosslinks en dus geen netwerkpolymeer vormen.**A 25****a** Weekmakers, blaasmiddelen, vulstoffen, harders, uv-absorptiemiddelen en vezels**b**

vulstof	effect
weekmakers	maakt de kunststof vervormbaarder
blaasmiddelen	verlaagt de dichtheid
vulstoffen	maakt de kunststof sterker en harder
harders	maakt de kunststof sterker en harder
uv-absorptiemiddelen	maakt een kunststof minder vatbaar voor de invloed van uv-straling / voorkomt brosheid
vezels	maakt de kunststof sterker

B 26**a** Een composiet**b** De harder zorgt voor crosslinks en maakt de kunststof sterker/harder.**c** Een thermoharder.**B 27****a** Het blaasmiddel verdampt tijdens de vorming van de kunststof. Hierdoor krijg je kleine gasbellen in de kunststof, met een lagere dichtheid tot gevolg.**b** Hoe meer blaasmiddel je gebruikt, hoe meer gasbellen en hoe lager de dichtheid.**c** Je kunt er bijvoorbeeld een harder aan toevoegen.

B 28

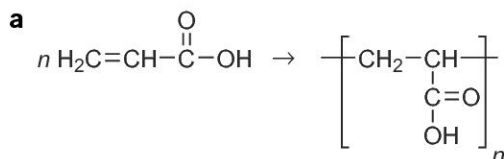
a Het rubber met het laagste zwavelgehalte bevat het kleinste aantal zwavelbruggen. Het rubber met het hoogste zwavelgehalte bevat het grootste aantal zwavelbruggen.

b In de autoband komt $\frac{4,0}{100} \times 20 = 0,80 \text{ kg} = 0,80 \cdot 10^3 \text{ g}$ zwavel voor.

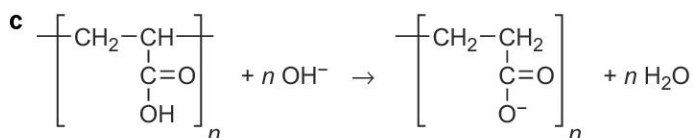
De molaire massa van zwavel is $32,06 \text{ g mol}^{-1}$.

In de autoband komt dan $\frac{0,80 \cdot 10^3}{32,06} = 25 \text{ mol}$ zwavel voor.

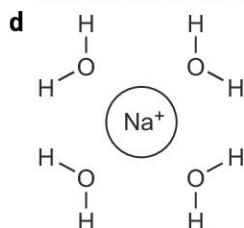
c Het uv-absorptiemiddel voorkomt dat de zwavelbruggen worden verbroken onder invloed van zonlicht. Hierdoor blijft de netwerkstructuur van het rubber langer intact en wordt het minder snel bros.

B 29

b $\text{Na}^+ + \text{OH}^-$



In deze reactie staat $\text{R}-(\text{COOH})_n$ een H^+ -ion af, dat is dus een zuur. OH^- neemt H^+ op en is dus een base. Deze reactie is dus een zuur-basereactie.



11.4 Verwerking

A 30

a Spuitgieten en extruderen

b In beide technieken wordt de kunststof verwarmd, waardoor hij zacht wordt.

A 31

a Door het polymerisatieproces in een mal met de gewenste vorm te laten plaatsvinden.

b Omdat een thermoharder bij verwarming niet zacht wordt.

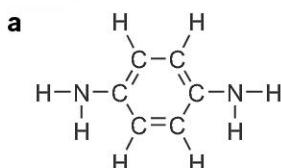
B 32

a Als het verwekingspunt laag is, duurt het langer voordat de kunststof weer uithardt. Met name bij massaproductie kan dit een groot probleem vormen.

b Als de gemiddelde massa van de thermoplastmoleculen afneemt, neemt de sterkte van de vanderwaalsbinding tussen de moleculen ook af. Hierdoor zijn de moleculen minder sterk aan elkaar gebonden, waardoor het verwekingspunt lager wordt.

C 33

- a**
- 1 Dit is een thermoplast, want de polymeermoleculen zijn niet onderling verbonden.
 - 2 Dit is een thermoplast, want de polymeermoleculen zijn niet onderling verbonden.
 - 3 Dit is een thermoharder, want de polymeermoleculen zijn onderling door crosslinks verbonden.
 - 4 Dit is een thermoplast, want de polymeermoleculen zijn niet onderling verbonden.
- b**
- 1 In de polymeerketen komen alleen C-atomen voor, het is dus een additiepolymeer.
 - 2 In de polymeerketen komen alleen C-atomen voor, het is dus een additiepolymeer.
 - 3 In de polymeerketen komen alleen C-atomen voor, het is dus een additiepolymeer.
 - 4 In de polymeerketen komen esterbindingen voor, het is dus een condensatiepolymeer.
- c**
- 1 Geen copolymeer
 - 2 Geen copolymeer
 - 3 Geen copolymeer
 - 4 Wel een copolymeer

C 34

b $2,2 \cdot 10^4 \text{ ton} = 2,2 \cdot 10^{10} \text{ g PPTA}$

Dit komt overeen met $\frac{2,2 \cdot 10^{10}}{1,7 \cdot 10^4} = 1,3 \cdot 10^6 \text{ mol PPTA}$.

In dit aantal mol PPTA komen $1,3 \cdot 10^6 \times 70 = 9,1 \cdot 10^7 \text{ mol}$ monomeereenheden voor die afkomstig zijn van TDC.

De massa daarvan is $9,1 \cdot 10^7 \times 203,0 = 1,8 \cdot 10^{10} \text{ g} = 1,8 \cdot 10^4 \text{ ton TDC}$.

- c** Vanderwaalsbinding en atoombinding (amidebinding is ook een optie).
- d** Twee mogelijke gegevens/eigenschappen op microniveau:
- de polymeerketens liggen evenwijdig aan elkaar;
 - de polymeerketens zijn niet onderling verbonden door atoombindingen/crosslinks.

Twee mogelijke gegevens/eigenschappen op macroniveau:

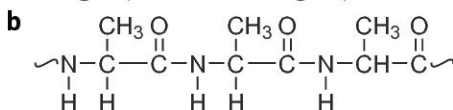
- PPTA kan oplossen in zwavelzuur;
- PPTA kan worden geëxtrudeerd.

A 35

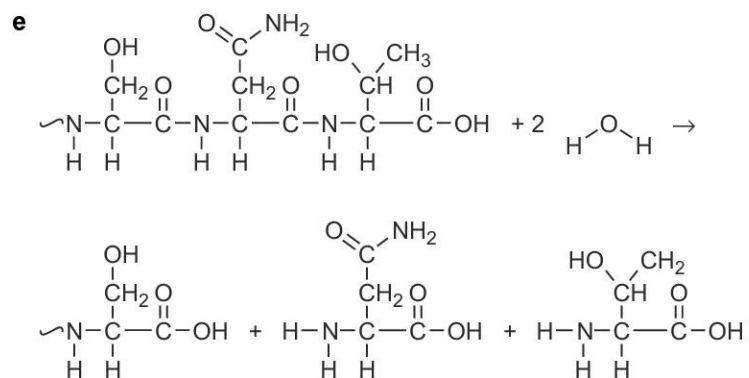
- a**
- 1 Plastics kunnen zich ophopen in het milieu.
 - 2 Bij het verbranden van plastics kunnen schadelijke stoffen ontstaan.
- b** Plastics worden zo veel mogelijk hergebruikt, gerecycled of biologisch afgebroken.

C 36

- a** Een spidroin is een condensatiepolymeer. In een alaninemolecuul komt zowel een zuurgroep als een aminogroep voor. Hierdoor kan een polyamide worden gevormd.

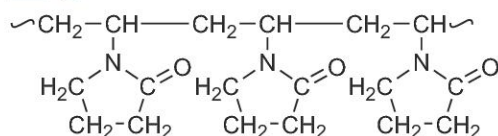


- c**
- 1 Spinnenzijde is een condensatiepolymeer. Door middel van hydrolyse kun je het polymeer afbreken tot de oorspronkelijke monomeren.
 - 2 Spinnenzijde wordt in de natuur gevormd. Het zal dus waarschijnlijk ook weer in de natuur kunnen worden afgebroken.
- d** In alle drie de aminozuren komen OH- of NH-groepen voor. Hierdoor kunnen ze waterstofbruggen met watermoleculen aangaan. Dat maakt ze goed oplosbaar in water.

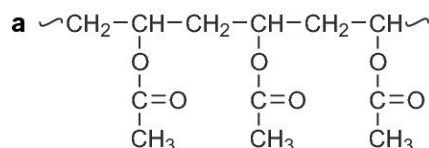


Afsluiting

1 

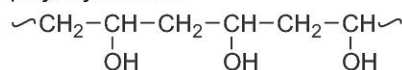


2

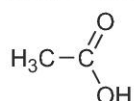


b hydrolyse

c polyvinylalcohol:

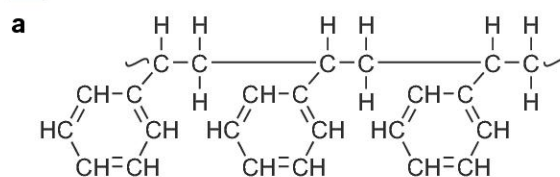


Andere soort molecuul:



- d** Na de reactie met borax heeft het polymeermolecuul geen OH-groepen meer. Er kunnen dan geen waterstofbruggen meer met watermoleculen worden aangegaan.
e Hoe meer borax je toevoegt, hoe meer crosslinks er worden gevormd tussen de polymeermoleculen. De polymeermoleculen raken daardoor sterker gebonden aan elkaar.

3



- b** Styreen bevat acht C-atomen, er ontstaan dus acht CO₂-moleculen bij de verbranding.
c Vijftig wegwerpbekertjes hebben een massa van $2,8 \times 50 = 1,4 \cdot 10^2$ g.

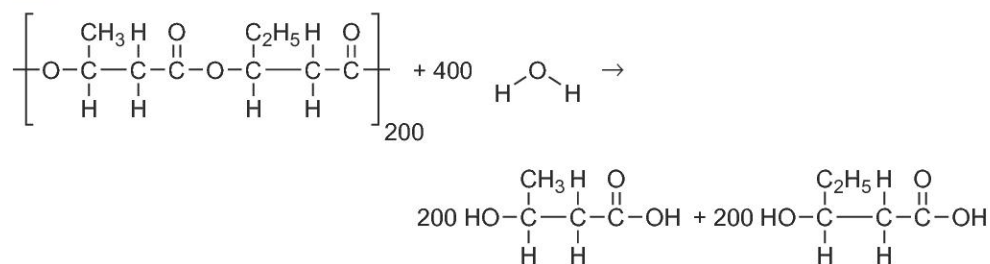
Daarin komen $\frac{1,4 \cdot 10^2}{104,1} = 1,3$ mol monomeereenheden voor.

Per monomeereenheid ontstaan er acht CO₂-moleculen.

Er ontstaat dus $1,3 \times 8 = 11$ mol CO₂.

Dit heeft een volume van $11 \times 24,5 = 2,6 \cdot 10^2$ dm³.

4 ★



5

a edelgassen**b** $2 \text{ H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{O}$ **c** De vormingswarmte van waterdamp is $-2,42 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$.

Er is dan $\frac{9,5 \cdot 10^3}{2,42 \cdot 10^5} = 3,9 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ water ontstaan.

De molaire massa van water is $18,015 \text{ g mol}^{-1}$.

De massa van het water is dan $3,9 \cdot 10^{-2} \times 18,015 = 0,71 \text{ g}$.

d Monomeer 1: $\text{H}-\underset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{N}}}-(\text{CH}_2)_6-\underset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{N}}}-\text{H}$

Monomeer 2: $\text{HO}-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{OH}$

e Mogelijke verschillen zijn:

- de gemiddelde ketenlengte / het aantal monomeren in de polymeerketen;
- de aanwezigheid van weekmakers;
- het gebruik van vulstoffen;
- de manier waarop de kunststofvezels zijn geweven;
- de dichtheid.

f Voorbeelden van juiste eigenschappen met bijbehorende uitleg zijn:

- sterkte; de airbag moet bestand zijn tegen druk;
- niet/slecht/matig doorlaatbaar voor gassen; de airbag moet (enige tijd) opgeblazen blijven;
- vervormbaarheid / de airbag moet flexibel zijn; de airbag moet zich kunnen vormen naar de persoon die bij een botsing wordt opgevangen;
- smeltpunt/smelttemperatuur; dit/die moet hoger zijn dan de temperatuur die bij het opblazen heerst;
- (on)brandbaarheid; hoe minder brandbaar materiaal (in de auto), des te beter;
- de structuur moet gedurende lange tijd (in opgevouwen toestand en bij wisselende temperaturen) behouden blijven; een airbag kan wel jarenlang in een auto opgeborgen zitten;
- biodegradeerbaarheid; dit draagt bij aan het milieuvriendelijke aspect van de airbag;
- reactiviteit ten opzichte van water(damp); de zak zou te snel kapotgaan (door reactie met water).

6

a Een voordeel van een continu proces is dat de productie continu doorgaat, waardoor de opbrengst hoger is. Een voordeel van een discontinu proces is dat de pers makkelijk te stoppen en te verwijderen is. Bij fouten kun je het productieproces daardoor eenvoudig stoppen.

b Aangezien de temperatuur stijgt door de druk van de schroef of pers, is de temperatuur het hoogst, vlak voordat de kunststof de extruder verlaat. De temperatuur is dus het hoogst bij de matrijs, punt 3.

c Het polymeer mag maximaal net onder de 285°C zijn, omdat het anders na de matrijs nog de gewenste vorm kan verliezen.

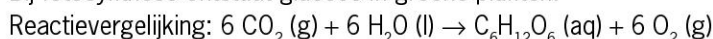
Chemie van het leven

12.1 Koolhydraten

A 1

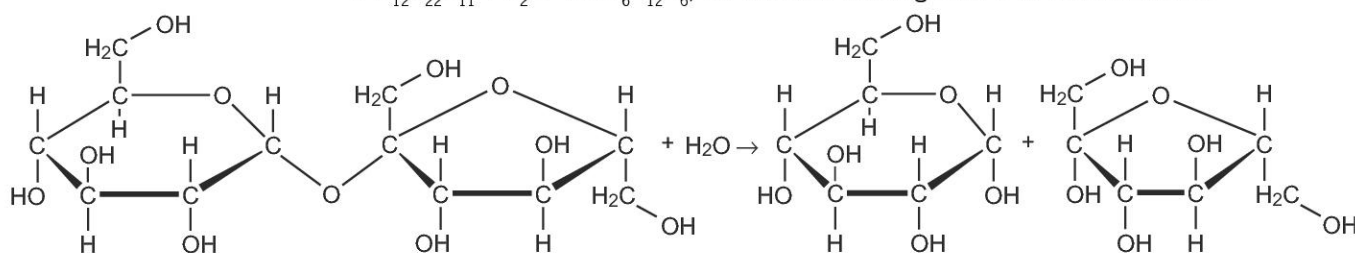
a Glucose en fructose zijn monosachariden. Lactose en sacharose zijn disachariden.

b Bij fotosynthese ontstaat glucose in groene planten.

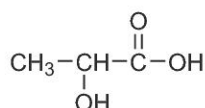


C 2

a $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, ter illustratie ook nog eens in structuurformules:



b



c $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 (\text{aq}) \rightarrow 2 \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3 (\text{aq})$

d Een stof die uit ionen bestaat heet een zout.

e Ca^{2+} , PO_4^{3-} , CO_3^{2-}

f PO_4^{3-} en CO_3^{2-}

g De reacties uit onderdeel f zijn zuur-basereacties: reacties met H^+ -overdracht. Melkzuur is een zuur: er is een COOH -groep die een H^+ kan afstaan. H^+ -ionen worden overgedragen op de fosfaationen en carbonaationen. Dat zijn namelijk basen: ze kunnen H^+ -ionen opnemen.

h Sorbitol is geen zuur en er wordt in je mond ook geen zuur uit gevormd. Er kan dus geen zuur-basereactie plaatsvinden met de ionen uit het tandglazuur.

A 3

a Cellulose en zetmeel (= amylose) zijn polysachariden.

b Elk van deze polysachariden is opgebouwd uit glucose.

c Deze polysachariden worden gevormd door middel van condensatiereacties.

d $n \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow (\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n + n \text{H}_2\text{O}$

B 4

a Volgorde van handelen is:

- de bieten worden gewassen en in stukjes gesneden;
- ze worden met water gekookt waardoor de suiker wordt geëxtraheerd;
- dan volgt filtratie waarbij het filtraat suikerwater is;
- het filtraat wordt ingedampt.

b Bij het koken en het indampen

- c** De suikermoleculen zijn kleiner en hebben veel OH-groepen, zodat er veel H-bruggen met watermoleculen kunnen worden gevormd. In zetmeel zijn de suikereenheden aan elkaar gekoppeld (polycondensatie) en daardoor zijn er minder mogelijkheden over om H-bruggen te vormen.

B 5 ★

- a** Het massapercentage zetmeel in aardappelen is 18%, dus 18 kg zetmeel zit in 100 kg aardappelen.

$7,0 \cdot 10^3$ kg zetmeel zit in x kg aardappelen.

$$x = \frac{100 \times 7,0 \cdot 10^3}{18} = 3,9 \cdot 10^4 \text{ kg aardappelen}$$



- c** Volgens de wet van behoud van massa is de totale massa van zetmeel plus water gelijk aan die van glucose. Er zal dus in theorie meer dan $7,0 \cdot 10^3$ kg glucose kunnen ontstaan.

A 6

- a** Zetmeel kan in je lichaam worden afgebroken tot glucose en dat is bestemd voor je energievoorziening.
b Glycogeen is een soort energiebuffer in je lichaam.
c Cellulose is de bouwstof van celwanden van planten en bomen.

B 7

- a** Er is in de natuur heel veel cellulose voorhanden. Cellulose is daarom goedkoop en duurzaam.
b Cellulose is niet gemakkelijk afbreekbaar. Deze stof moet eerst behandeld worden met bijvoorbeeld bacteriën om kleinere moleculen te krijgen.

C 8

- a** $C_6H_{10}O_5$, bij het vormen van de ring is er een watermolecuul afgesplitst. De bouwsteen is dus niet $C_6H_{12}O_6$, maar $C_6H_{10}O_5$.
b In de figuur zijn zes glucosebouwstenen verwerkt.
c $(C_6H_{10}O_5)_6$
d $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-OH$
e Pentaan-1-ol bestaat uit een vrij lange hydrofobe staart, die niet wil oplossen in water en maar één OH-groep, die wel met water mengt. Het hele molecuul lost daardoor slecht op in water.
f Met zijn alkylstaart in de cyclodextrinerings zo ver als mogelijk bij de OH-groepen vandaan. De OH-groep zal zich richten naar de OH-groep van de glucose-eenheden aan de boven of de onderkant van de ring.

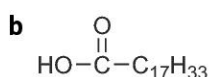
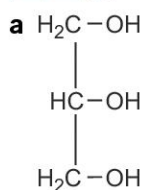
12.2 Vetten

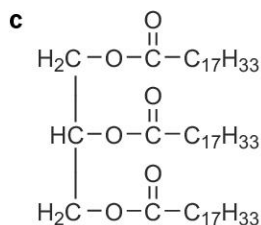
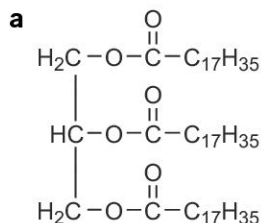
A 9

Macroniveau: bij kamertemperatuur is een vet vast en een olie vloeibaar.

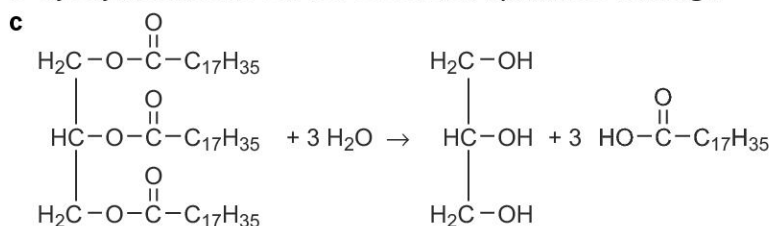
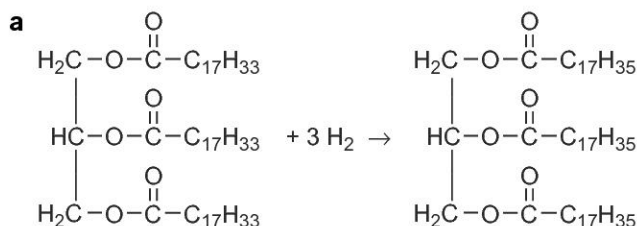
Microniveau: vetten bestaan uit triglyceridemoleculen die verzadigde vetzuren bevatten, oliën bestaan uit triglyceridemoleculen die onverzadigde vetzuren bevatten.

B 10 Ⓞ



**B 11**

b Glyceryl tristearaat is een vet. De vetzuren zijn immers verzadigd.

**B 12** ★

b glyceryl tristearaat

A 13

- a** Vetten worden in het lichaam gebruikt als energiebron. Na hydrolyse ontstaan glycerol en vetzuren. Die vetzuren kunnen in bijna alle cellen in je lichaam worden verbrand om energie te leveren.
- b** Essentiële vetzuren zijn vetzuren die niet in het lichaam kunnen worden gevormd. Je bent ervoor afhankelijk van je voeding. Het zijn onverzadigde vetzuren.

C 14

- a** Voorbeelden van een goed antwoord zijn:
- De $\text{C}_{15}\text{H}_{31}$ -groep komt voor in palmitinezuur. Dit vetzuur behoort tot de verzadigde vetzuren.
 - De $\text{C}_{17}\text{H}_{33}$ -groepen komen voor in oliezuur. Dit vetzuur behoort tot de (enkelvoudig) onverzadigde vetzuren.
- b** Voorbeelden van een goed antwoord zijn:
- Het stelt geen menging voor op microniveau, want (het microniveau gaat over moleculen en atomen en) druppeltjes zijn grotere structuren dan moleculen (en atomen).
 - Nee, want het is een menging op macroniveau, want 'water' in figuur 12.14 in je leerboek is een macroaanduiding.
 - Nee, oliedruppeltjes zijn een macroaanduiding (dus het stelt een menging voor op macroniveau).
 - Het is geen menging op microniveau, want de figuur laat druppeltjes zien en die behoren tot het mesoniveau.

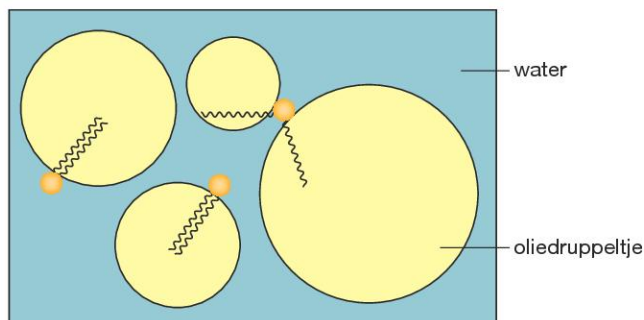
c Zie figuur 12.1a en b.

d De molaire massa van maltodextrine met $n = 5$ ($C_{30}H_{52}O_{26}$) is $828,72 \text{ g mol}^{-1}$. Dit kun je berekenen met Binas tabel 99.

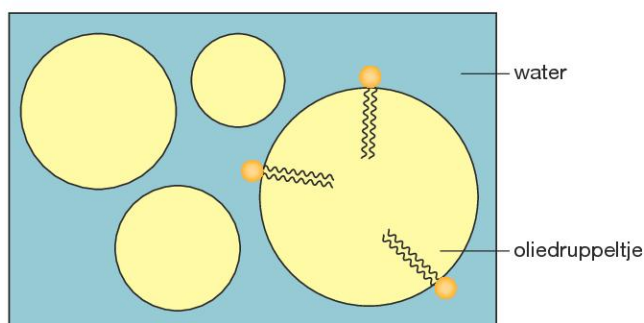
Het aantal gram water dat is gebonden per mol maltodextrine is $828,72 \times 3 = 2486,16 \text{ g}$.
Het aantal gebonden watermoleculen per mol maltodextrine is $2486,16 : 18,015 = 1 \cdot 10^2$ (moleculen).

e 10 g maltodextrine kan 30 g water binden. Dus per gram maltodextrine-watergel zit 0,25 g maltodextrine. Dit komt overeen met een energiewaarde van $0,25 \times 17 \text{ kJ} = 4,25 \text{ kJ}$ per gram (maltodextrine is een koolhydraat). De energiewaarde van een gram olie is

38 kJ per gram. Dit is dus $\frac{38}{4,25} = 8,9$ keer zoveel.



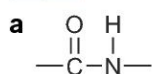
12.1a



12.1b

12.3 Eiwitten

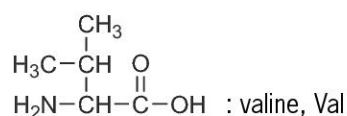
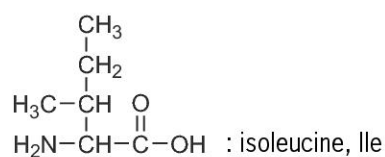
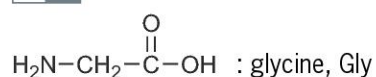
A 15



b De monomeren waaruit polypeptiden worden gemaakt zijn aminozuren.

c De ruimtelijke structuur van een eiwit komt voornamelijk tot stand door de vorming van H-bruggen en S-bruggen binnen en tussen de polypeptidemoleculen.

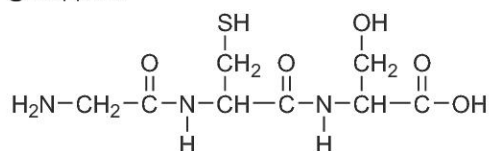
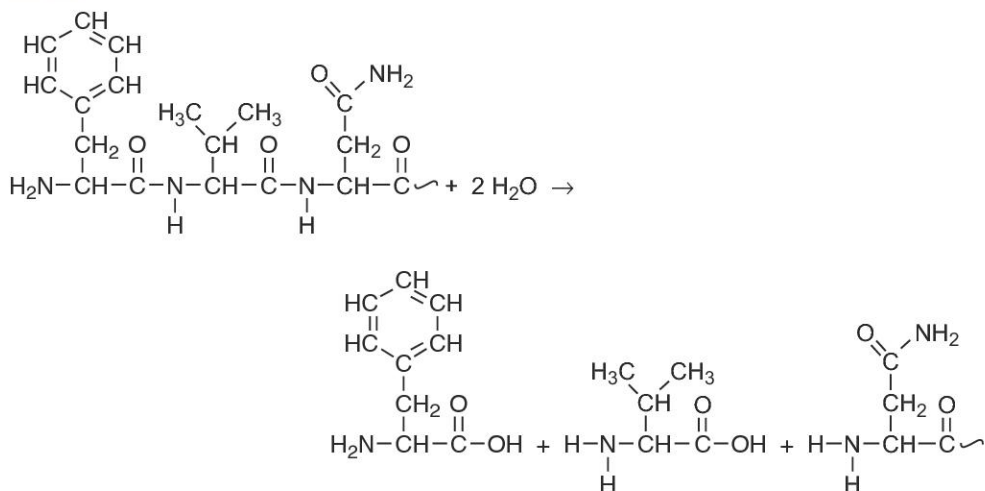
B 16



B 17

a De primaire structuur van een eiwit is de volgorde waarin de aminozuren aan elkaar zijn gekoppeld.

b

**C 18****A 19**

Eiwitten spelen een rol bij de energievoorziening, ze doen dienst als bouwstof (haren, huid, tanden, nagels en spieren), zorgen voor vervoer van stoffen in je lichaam (hemoglobine), hebben een functie bij de bloedstolling en vormen bijvoorbeeld het hoofdonderdeel van je immuunsysteem. Verder zijn enzymen (biokatalysatoren) ook eiwitten.

B 20

a Essentiële aminozuren zijn aminozuren die het lichaam niet zelf kan maken, maar die wel nodig zijn om eiwitten te produceren. Ze moeten dus in je voeding voorkomen.

b Val, Leu, Ile, Thr, Met, Phe, Trp, His, Lys

c Valine, Leucine, Isoleucine, Threonine

A 21

Een enzym werkt specifiek voor maar één (soort) reactie. Voor elk van de vele reacties die in je lichaam plaatsvinden is dus een ander enzym nodig.

B 22

a Een faseverandering kun je terugdraaien, het stollen van het eiwit niet.

b Bij denatureren verandert de ruimtelijke structuur van het eiwit. Daarbij worden H-bruggen en S-bruggen verbroken.

A 23

a Het temperatuuroptimum van een enzym is de temperatuur waarbij het enzym het beste werkt.

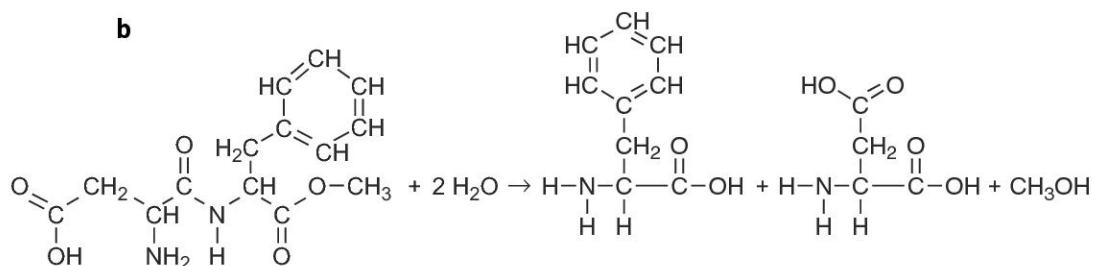
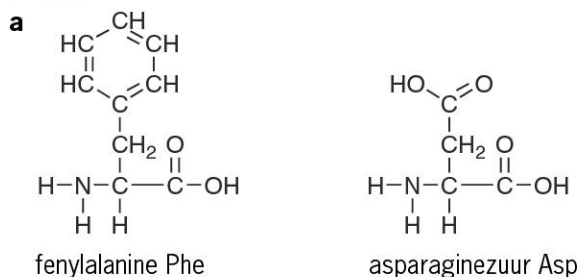
b Het pH-optimum van een enzym is de pH waarbij het enzym het beste werkt.

B 24

a Het temperatuuroptimum van deze enzymen is bij lichaamstemperatuur, dus ongeveer 37 °C.

b Bij een temperatuur boven 42 °C denatureert het eiwitgedeelte van een enzym. De ruimtelijke structuur gaat dus verloren.

C 25



- c** Bij verhitting ontleedt aspartaam: de eigenschappen veranderen, ook de zoete smaak gaat verloren.
- d** Op deze manier is onderscheid te maken tussen kinderen en volwassenen.
- e** Een persoon van 70 kg mag volgens de norm $70 \text{ kg} \times 1,36 \cdot 10^{-4} \text{ mol kg}^{-1} = 9,52 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ aspartaam binnenkrijgen.
In één liter cola light bevindt zich 800 ppm aspartaam. Dat is gelijk aan 800 mg per liter. De molecuulformule van aspartaam is $\text{C}_{14}\text{H}_{18}\text{O}_5\text{N}_2$. De molaire massa is $294,304 \text{ g mol}^{-1}$.

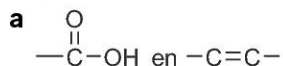
Dit komt overeen met $\frac{0,800}{294,304} = 2,72 \cdot 10^{-3} \text{ mol per liter}$.

Deze persoon mag dagelijks $\frac{9,52 \cdot 10^{-3}}{2,72 \cdot 10^{-3}} = 3,5$ liter cola light drinken.

- f** Het is ondoenlijk om iemand gedurende langere tijd bijvoorbeeld 10 liter cola light per dag te laten drinken.
- g** Mogelijke argumenten voor:
- Er ontstaat door het omzetten van aspartaam in het lichaam wat methanol, maar dat is minder dan wat je binnenkrijgt bij het drinken van een glas vruchtensap of melk.
 - Mensen die vrij veel aspartaam gebruiken komen in het algemeen niet verder dan 10 mg kg^{-1} , terwijl de grenswaarde op 40 mg kg^{-1} is gesteld. Zelfs bij een sterk verhoogde inname van 75 mg kg^{-1} is geen negatief effect gevonden.
 - Fenylalanine, dat in het lichaam wordt gevormd uit aspartaam is een essentieel aminozuur.
 - Aspartaam zou goed zijn voor de lijn: het levert weinig joule aan energie en vermindert het hongergevoel.
 - Weinig onderdelen uit onze voeding zijn zo grondig onderzocht als aspartaam: er is niets mis mee.
- h** Mogelijke antwoorden tegen:
- De aminozuren fenylalanine en asparaginezuur komen in aspartaam in geïsoleerde vorm voor. Fenylalanine en asparaginezuur komen beide voor in ons voedsel, maar dan als eiwit. Het zou kunnen dat er een risico is van inname van geïsoleerde aminozuren.
 - Uit aspartaam kan methanol worden gevormd.
 - Asparaginezuur is slecht voor het glazuur van tanden.
 - Er zijn plantaardige zoetstoffen die volledig natuurlijk zijn, zoals steviolglycosides.

Afsluiting

1



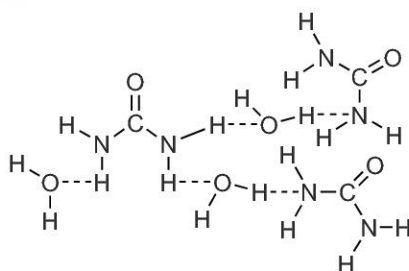
b In een molecuul linolzuur komen twee dubbele bindingen voor tussen C-atomen ($-\text{C}=\text{C}-$).

c $\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH}$

d Nee, je weet immers niet waar de dubbele bindingen precies zitten.

2

a



b molecuulrooster

c In 3,45 g eiwit bevindt zich $\frac{15,5}{100} \times 3,45 = 0,535$ g N.

De molecuulformule van ureum is $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$.

De molaire massa van ureum is $12,01 + (4 \times 1,008) + (2 \times 14,01) + 16,00 =$

$60,06 \text{ g mol}^{-1}$ en van stikstof $14,01 \text{ g mol}^{-1}$.

$0,535 \text{ g N} \triangleq \frac{0,535}{14,01} = 3,82 \cdot 10^{-2} \text{ mol N}$. Er zitten twee N-atomen in ureum, er kan dus

$1,91 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ ureum ontstaan. Dit komt overeen met $1,91 \cdot 10^{-2} \times 60,06 = 1,15 \text{ g}$ ureum.

d In ureum kunnen per molecuul meer H-bruggen worden gevormd dan in azijnzuur.

Hierdoor zijn er sterkere krachten tussen de ureummoleculen en heeft ureum dus een hoger smeltpunt.

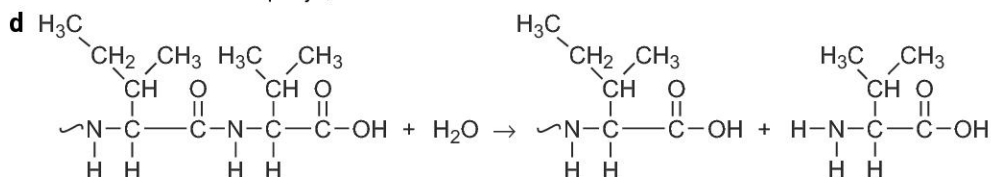
3

a hexaanzuur

b Vet is hydrofoob en water is hydrofiel. Deze stoffen mengen niet blijvend of langdurig.

Dus is een emulgator nodig die ontmengen van de slagroom voorkomt.

c Actinidase breekt de eiwitmoleculen/(eiwit)ketens waaruit gelatine bestaat af. Hierdoor zijn de (eiwit)ketens te kort om een netwerkvormende structuur te vormen / kan geen structuur worden gevormd waarin de andere stoffen worden ingesloten (waardoor de taart niet voldoende opstijft).



4

a Voorbeelden van mogelijke antwoorden zijn:

- $C_4H_6O_6$ (is het zuur en) draagt H^+ over aan (de base) HCO_3^- . (Dus het is een zuur-basereactie.)
- De base HCO_3^- neemt een H^+ op, en het zuur $C_4H_6O_6$ staat dit H^+ af. (Dus het is een zuur-basereactie.)

b De molaire massa van wijnsteenzuur is $150,09 \text{ g mol}^{-1}$.

Het aantal gram wijnsteenzuur in één zakje is $\frac{55}{100} \times 10 = 5,50 \text{ g}$.

Er is $\frac{5,50}{150,09} = 0,0366 \text{ mol}$ wijnsteenzuur. Dit levert $0,0366 \text{ mol CO}_2$ en dat komt

overeen met $0,0366 \times 35 = 1,3 \text{ L}$.

c Amylosemoleculen bevatten hydroxyl-/OH-groepen. Daarmee kunnen ze waterstofbruggen vormen met watermoleculen.

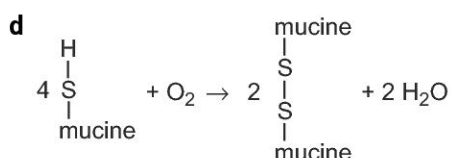
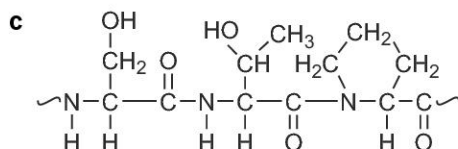
d Voorbeelden van mogelijke antwoorden zijn:

- Reactie 1 geeft aan dat natriumwaterstofcarbonaat eerst moet oplossen voordat het kan reageren met wijnsteenzuur, dit kan niet wanneer het water is gebonden aan zetmeel.
- Water is niet meer beschikbaar voor het oplossen van het wijnsteenzuurbakpoeder doordat zetmeel water bindt, waardoor het wijnsteenzuurbakpoeder niet oplost en voortijdig reageert.
- In een vochtige omgeving kan het wijnsteenzuurbakpoeder gedeeltelijk oplossen en met water uit de lucht reageren waarna het niet meer werkzaam is. Zetmeel voorkomt dat, doordat dit het vocht bindt.

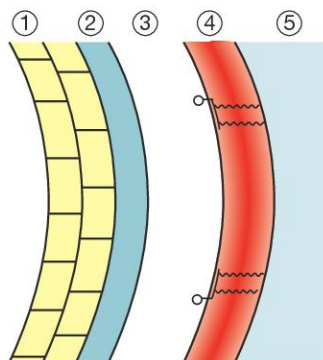
5

a Zie figuur 12.2.

b De polysaccharideketens bevatten OH-groepen die waterstofbruggen met watermoleculen vormen.



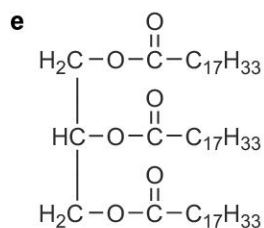
e De crosslinks van zwavelbruggen voorkomen dat de eiwitketens (mucinemoleculen) met de daaraan gebonden polysaccharideketens loskomen van elkaar en oplossen.



12.2

6

- a** Essentiële aminozuren zijn aminozuren die in je voedsel moeten zitten omdat je lichaam ze niet kan aanmaken, maar ze wel nodig heeft.
- b** Aminozuren kunnen door hydrolyse worden vrijgemaakt uit de insecteneiwitten.
- c** In je lichaam worden uit de vrijgekomen aminozuren lichaamseigen eiwitten gemaakt.
- d** Linolzuur is een onverzadigd vetzuur. Op twee plaatsen komt een dubbele binding tussen twee C-atomen voor (Binas tabel 67G).



- f** In 100 gram rosbief zit 28,3 g eiwit.
 In 100 gram insecten zit 60 g eiwit.
 In x g insecten zit 28,3 g eiwit.

$$x = \frac{28,3 \times 100}{60} = 47 \text{ g insecten}$$

- g** Voorbeelden van juiste antwoorden zijn:
- Er is minder ruimte nodig om insecten te kweken.
 - Er is minder uitstoot van broeikasgassen.
 - Er is minder verzuring als gevolg van de productie van mest.
 - Er is minder voer nodig omdat ze koudbloedig zijn.
- h** Antibiotica, om ziektes onder het vee te voorkomen of te genezen
 Groeistoffen om dieren sneller te laten groeien, en dus sneller te kunnen slachten

Duurzaam produceren

13.1 Groene productie

A 1

- a Een product of productieproces is duurzaam als het nu en in de toekomst geen schade toebrengt aan de aarde, het milieu of aan andere mensen.
- b Meer welzijn voor de medewerkers (People), minder belasting voor het milieu (Planet) en meer winst maken (Profit)
- c Bij hergebruik gebruik je een voorwerp opnieuw waar het voor bedoeld was. Bij recycleren gebruik je het materiaal; van een voorwerp voor een andere toepassing.
- d Hergebruik: statiegeldflessen, recycleren: kartonnen bekertjes uit oud papier

B 2

Vorming uit methylsalicylaat uit de bladeren van de wintergroenplant is duurzamer. De aardolie zal immers opraken, maar de plant kan opnieuw groeien en daardoor telkens nieuwe bladeren leveren.

A 3

Alle gebruikte materialen kunnen na hun leven in het ene product nuttig worden ingezet in een ander product. Er is daardoor geen afval.

B 4

- a De accu wordt niet opnieuw gebruikt. Alleen het materiaal uit de accu wordt opnieuw gebruikt. Dit is recycleren.
- b Er wordt zo van een afvalstof een nieuwe bruikbare stof gemaakt.

A 5

Processen die zijn gebaseerd op de principes van groene chemie zijn veiliger, gebruiken minder grondstoffen en energie, gebruiken zo veel mogelijk duurzame energie en grondstoffen, geven minder vervuiling.

B 6 

- a Het proces dat nodig is om uit verse melk eerst melkpoeder te maken wordt overbodig. Dat levert een besparing op in energiekosten: principe 6.
- b De ruimte in de voertuigen die voor het vervoer zorgen wordt efficiënter gebruikt. Hierdoor is er een besparing op de transportkosten: principe 6.
- c Het ontstaan van afval wordt verminderd doordat het slachtafval wordt hergebruikt: principe 1.

A 7

- a Wil een reactie groen zijn, dan moet de atomeconomie zo groot mogelijk zijn.
- b Wil een proces groen zijn, dan moet het rendement zo groot mogelijk zijn.

B 8

- a De reactie van chloor met etheen heet een additiereactie.
- b $\text{Cl}_2 + \text{C}_2\text{H}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$
- c Het type reactie waarin chloor reageert met ethaan onder invloed van licht heet een substitutiereactie.
- d $2 \text{Cl}_2 + \text{C}_2\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2 + 2 \text{HCl}$

e Uit chloor en etheen:

$$\text{atoomeconomie} = \frac{\text{massa } \text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2}{\text{massa } \text{Cl}_2 + \text{massa } \text{C}_2\text{H}_4} \times 100\% = \frac{98,95}{70,90 + 28,05} \times 100\% = 100\%$$

Uit chloor en ethaan:

$$\text{atoomeconomie} = \frac{\text{massa } \text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2}{\text{massa } 2 \text{Cl}_2 + \text{massa } \text{C}_2\text{H}_4} \times 100\% = \frac{98,95}{2 \times 70,90 + 30,07} \times 100\% = 57,57\%$$

De vorming van 1,2-dichloorethaan via een additiereactie uit chloor en etheen heeft de grootste atoomeconomie en is dus het groenst.

C 9 ★

a ethaan-1,2-diol

b De concentraties van etheenoxide en MEG worden kleiner bij gebruik van een grote overmaat water. Daardoor neemt het aantal effectieve botsingen per seconde tussen moleculen van etheenoxide en MEG af. Dus de snelheid van reactie 2 neemt af.

c In beide processen komen bij de vorming van MEG uit etheenoxide met water alle atomen van de beginstoffen in het reactieproduct terecht. Dus de atoomeconomie is in beide processen 100%.

d Nummer 1 : preventie, want er ontstaat minder bijproduct, geen DEG en minder koolstofdioxide bij de destillatie.

Nummer 3, want minder/kleinere destillatie-installaties betekent minder materiaal om deze te maken.

Nummer 6 : energie-efficiënt ontwerpen. Er hoeft minder water door destillatie te worden gescheiden van MEG, dus er is minder energie voor de destillatie nodig.

C 10

a Destilleren, want je maakt salmiak van een salmiakoplossing, dus het water moet verdampen. Er staat dat het water wordt hergebruikt, dus het wordt weer afgekoeld.

b $\text{NH}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$

c De molaire massa van HCl is 36,461 kg kmol⁻¹ en van NH₄Cl 53,491 kg kmol⁻¹.

$$100 \text{ kg HCl} \triangleq \frac{100}{36,461} = 2,74 \text{ kmol HCl. Er ontstaat dus ook } 2,74 \text{ kmol NH}_4\text{Cl. Dit komt}$$

overeen met $2,74 \times 53,491 = 147 \text{ kg NH}_4\text{Cl}$.

d Per uur kan maximaal 147 kg ontstaan; dus per dag kan maximaal $24 \times 147 = 3,52 \cdot 10^3 \text{ kg} = 3,52 \text{ ton}$ ontstaan.

$$\text{rendement} = \frac{\text{praktische opbrengst}}{\text{theoretische opbrengst}} \times 100\% = \frac{2,58}{3,52} \times 100\% = 73,3\%$$

A 11

a Wil een reactie groen zijn dan moet de E-factor zo *klein* mogelijk zijn.

b De E-factor heeft *wel* een minimale waarde (nul).

B 12 ○

a $\text{N}_2 (\text{g}) + 3 \text{H}_2 (\text{g}) \rightarrow 2 \text{NH}_3 (\text{g})$

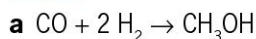
Alle atomen uit de beginstoffen komen terug in het reactieproduct.

b De theoretische opbrengst is $2 \times \text{massa } \text{NH}_3 = 2 \times 17,031 = 34,062 \text{ u}$.

De werkelijke opbrengst is 65% van de theoretische opbrengst = $0,65 \times 34,062 = 22 \text{ u}$.

$$\text{E-factor} = \frac{(\text{massa } \text{N}_2 + 3 \text{H}_2) - (\text{werkelijke opbrengst})}{\text{werkelijke opbrengst}} = \frac{(28,02 + 3 \times 2,016) - 22}{22} = 0,55$$

c Als het rendement van de reactie hoger wordt, wordt de teller van de breuk kleiner en de noemer groter. De waarde van de breuk neemt dan af: de E-factor wordt kleiner.

B 13**b** De molaire massa van H_2 is $2,016 \text{ kg kmol}^{-1}$ en van CH_3OH $34,042 \text{ kg kmol}^{-1}$.

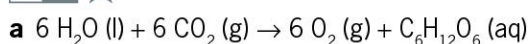
$$1,0 \text{ kg H}_2 \triangleq \frac{1,0}{2,016} = 0,50 \text{ kmol H}_2$$

De molverhouding $\text{H}_2 : \text{CH}_3\text{OH} = 2 : 1$, dus er ontstaat $0,50 \div 2 = 0,25 \text{ kmol CH}_3\text{OH}$.Dit komt overeen met $0,25 \times 32,042 = 7,9 \text{ kg CH}_3\text{OH}$. Dit is de theoretische opbrengst.

$$\text{rendement} = \frac{\text{praktische opbrengst}}{\text{theoretische opbrengst}} \times 100\% = \frac{5,6}{7,9} \times 100\% = 70\%$$

c De werkelijke opbrengst is $0,70 \times 34,042 = 23,83 \text{ u}$.

$$\text{E-factor} = \frac{(\text{massa CO} + 2 \text{H}_2) - (\text{werkelijke opbrengst})}{\text{werkelijke opbrengst}} = \frac{(28,01 + 2 \times 2,016) - 23,83}{23,83} = 0,34$$

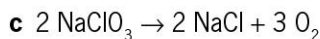
C 14 ★

$$\text{b atomeconomie} = \frac{\text{massa } 6 \text{O}_2}{\text{massa } 6 \text{H}_2\text{O} + \text{massa } 6 \text{CO}_2} \times 100\% =$$

$$\frac{6 \times 32,00}{6 \times 18,015 + 6 \times 44,010} \times 100\% = 51,59\%$$

$$\text{E-factor} = \frac{(\text{massa } 6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}) - (\text{werkelijke opbrengst})}{\text{werkelijke opbrengst}} =$$

$$\frac{(6 \times 44,010 + 6 \times 18,015) - (6 \times 32,00)}{6 \times 32,00} = 0,9383$$



$$\text{d atomeconomie} = \frac{\text{massa } 3 \text{O}_2}{\text{massa } 2 \text{NaClO}_3} \times 100\% = \frac{3 \times 32,00}{2 \times 106,44} \times 100\% = 45,10\%$$

$$\text{E-factor} = \frac{(\text{massa } 2 \text{NaClO}_3) - (\text{werkelijke opbrengst})}{\text{werkelijke opbrengst}} = \frac{2 \times 106,44 - 3 \times 32,00}{3 \times 32,00} = 1,218$$

e De E-factor is het meest gunstig voor de vorming van zuurstof door groene planten. Bovendien kunnen die planten steeds zuurstof blijven produceren. De vorming van zuurstof uit natriumchloraat is minder duurzaam, want natriumchloraat raakt op.

13.2 Blokschema's

A 15

- a** Bedrijven die relatief kleine hoeveelheden van een stof maken houden zich bezig met fijnchemie, bijvoorbeeld de farmaceutische industrie. Bedrijven die enorme hoeveelheden van één product maken houden zich bezig met bulkchemie, bijvoorbeeld de hoogovens.
- b** Bij een batchproces wordt een afgeronde hoeveelheid van een product gemaakt. Bij een continuproces worden grote hoeveelheden van een stof geproduceerd tijdens een volledig geautomatiseerd proces dat 24 uur per dag doorgaat.

B 16 ○

- a** Een batchproces is vaak ingewikkeld. De vaten worden handmatig gevuld en geleegd, daarvoor zijn veel mensen nodig: er moet steeds iemand bij zijn.

- b** Bij een continuproces kunnen vaten op een constante temperatuur en druk worden gehouden. Dit kost minder energie dan het telkens moeten verwarmen en afkoelen zoals dat bij een batchproces voor kan komen.
- c** Dit is een batchproces. De bakker maakt immers telkens een aantal broden en begint dan weer opnieuw. Bovendien bakt hij niet voortdurend hetzelfde soort brood, maar elke 'batch' kan weer anders zijn dan de vorige.

A 17

- a** Een blokschema is een manier om de verschillende stappen in een productieproces overzichtelijk weer te geven.
- b** Elk blok stelt een onderdeel van het totale proces voor, vaak een chemische reactie en/of een scheiding.
- c** De pijlen geven de aan- en afvoer van de verschillende stoffen aan.

B 18

- a** $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(\text{g})$
- b** Ammoniak gaat gasvormig de scheider in en komt er vloeibaar uit.
- c** Ammoniak wordt bij 240 K vloeibaar (Binas tabel 42A), je moet dus koelen tot onder 240 K.
- d** Destilleren, op basis van verschil in kookpunt

B 19

- a** In blok 1 vindt extractie van de olie uit de zaden plaats. Deze scheidingsmethode berust op het verschil in oplosbaarheid van de olie en de rest van de zaden in hexaan.
- b** In blok 2 wordt de oplossing van olie in hexaan gescheiden van de rest van de zaden. Dat gebeurt door filtratie. Deze scheidingsmethode berust op het verschil in deeltjesgrootte van de zaadresten en de oplossing.
- c** In blok 3 worden olie en hexaan van elkaar gescheiden door destillatie. Deze scheidingsmethode berust op het verschil in kookpunt van olie en hexaan.
- d** De letter A stelt een mengsel voor van niet-opgeloste zaadresten en olie in hexaan. B stelt de niet-opgeloste zaadresten voor en C de oplossing van olie in hexaan. De letter D stelt hexaan voor dat na de destillatie in blok 3 wordt teruggevoerd naar blok 1. Daar doet het weer dienst als extractiemiddel voor de olie.

A 20

- a** In een warmtewisselaar wordt warmte die tijdens het proces ontstaat en afgevoerd moet worden overgedragen aan stoffen die opgewarmd moeten worden.
- b** Bij gebruik van een warmtewisselaar wordt energie bespaard doordat de warmte niet nutteloos wordt afgevoerd, maar wordt gebruikt voor het verwarmen van andere stoffen. Dat zou anders immers op een andere manier moeten, er zou dus meer energie voor nodig zijn. Gebruik van een warmtewisselaar spaart energie en geld.

B 21

- a** De stof moet N- en H-atomen bevatten, want die komen de reactor uit. NH_3 is het meest waarschijnlijk.
- b** NO en O_2 worden volledig omgezet in NO_2 . Er ontstaan geen andere stoffen. Alle atomen in de beginstoffen komen dus terug in het reactieproduct. Water reageert niet mee.
- c** $3 \text{NO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow 2 \text{HNO}_3(\text{l}) + \text{NO}(\text{g})$
- d** De vormingswarmtes zijn:

3 NO_2	$3 \times 0,332 \cdot 10^5 = 0,996 \cdot 10^5 \text{ J}$
1 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	$-2,42 \cdot 10^5 \text{ J}$
2 HNO_3	$2 \times -1,74 \cdot 10^5 \text{ J} = -3,48 \cdot 10^5 \text{ J}$
1 NO	$0,913 \cdot 10^5 \text{ J}$

De totale vormingswarmte van de beginstoffen is:

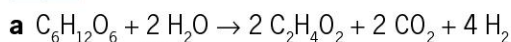
$$0,996 \cdot 10^5 \text{ J} + (-2,42 \cdot 10^5 \text{ J}) = -1,42 \cdot 10^5 \text{ J}$$

De totale vormingswarmte van de reactieproducten is:

$$-3,48 \cdot 10^5 \text{ J} + 0,913 \cdot 10^5 \text{ J} = -2,57 \cdot 10^5 \text{ J}$$

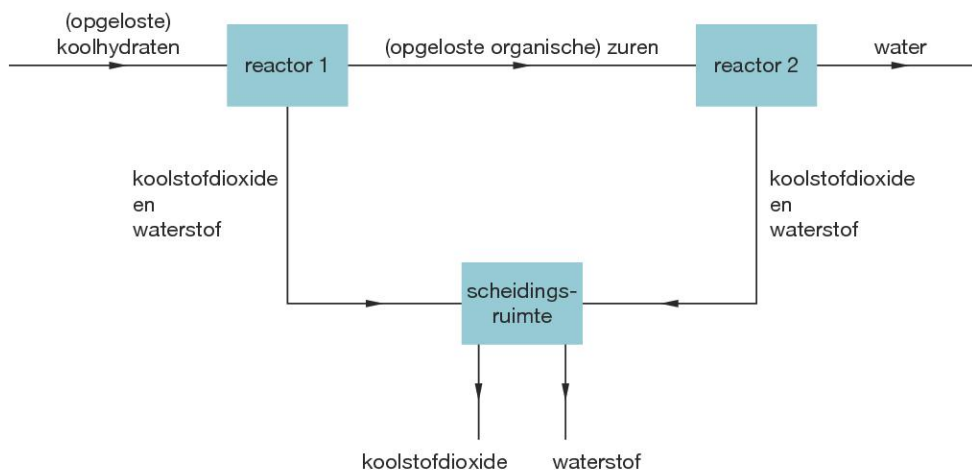
$$\text{De reactiewarmte is } -2,57 \cdot 10^5 - (-1,42 \cdot 10^5) = -1,15 \cdot 10^5 \text{ J.}$$

- e De reactie is exotherm, want de reactiewarmte is negatief. Er komt dus warmte vrij en de reactor moet gekoeld worden.
- f NO kan gerecirculeerd worden van reactor III naar reactor II (waar de stof reageert).

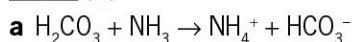
B 22

b Zie figuur 13.1.

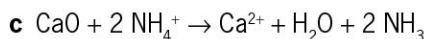
c Er is geen pijl voor de aanvoer van een basische oplossing in een van de blokken getekend.



13.1

C 23 ★

b filtreren



d H_2O

e NH_3 en CO_2

C 24

- a De molaire massa van FeTiO_3 is $55,85 + 47,87 + 3 \times 16,00 = 151,72 \text{ g mol}^{-1}$.
De molaire massa van H_2SO_4 is $98,079 \text{ g mol}^{-1}$.

$$1,0 \text{ ton FeTiO}_3 = 1,0 \cdot 10^6 \text{ g FeTiO}_3 \triangleq \frac{1,0 \cdot 10^6}{151,72} = 6,6 \cdot 10^3 \text{ mol FeTiO}_3.$$

Nodig is dus ook $6,6 \cdot 10^3 \text{ mol H}_2\text{SO}_4$.

Dit komt overeen met $6,6 \cdot 10^3 \times 98,079 = 6,5 \cdot 10^5 \text{ g H}_2\text{SO}_4 = 0,65 \text{ ton H}_2\text{SO}_4$.

Er wordt 0,67 ton toegevoegd en er blijft dus $0,67 - 0,65 = 0,02 \text{ ton H}_2\text{SO}_4 = 2 \cdot 10^1 \text{ kg H}_2\text{SO}_4$ over.

- b Uit de filtratieruimte komt FeCl_3 , dus er verdwijnen chloordeeltjes (ionen) uit het proces. Er moet continue toevoer van chloordeeltjes zijn, anders stopt het proces na een tijdje omdat de massabalans van chloor niet meer klopt.
- c Bij de vorming van 1 mol TiO_2 ontstaat 2 mol chloor (reactie 2). 1 mol TiO_2 ontstaat uit 1 mol TiCl_4 (reactie 2). 1 mol TiCl_4 ontstaat uit 3,5 mol Cl_2 (molverhouding $\text{Cl}_2 : \text{TiCl}_4 = 7 : 2$, reactie 1). Voor elke 3,5 mol die nodig is in reactie 1, ontstaat er weer 2 mol in reactie 2. Er moet dus $3,5 - 2,0 = 1,5 \text{ mol Cl}_2$ per mol TiO_2 worden toegevoerd vanuit de opslag.
- d Het gaat om het terugwinnen van titanium.

$$\text{atoomeconomie} = \frac{\text{massa Ti}}{\text{massa TiCl}_4 + \text{massa 2 Mg}} \times 100\% =$$

$$\frac{47,87}{(47,87 + 4 \times 35,45) + 2 \times 24,31} \times 100\% = 20,09\%$$

- e De atoomeconomie van de reactie bij e is heel laag en de elektrolyse die erop volgt kost zeer veel energie.

13.3 Metalen

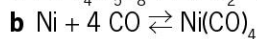
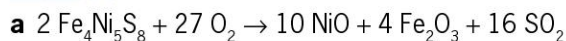
A 25

Je moet de (positieve) metaalionen uit het erts omzetten in metaalatomen. Dat doe je met een reductor.

B 26

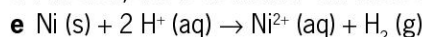
Extraheren, filtreren en destilleren

C 27 ★



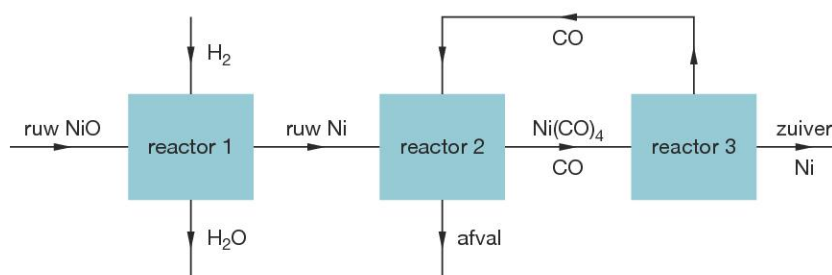
c Zie figuur 13.2.

d Filtreren, dat is de manier om vaste stoffen van een oplossing te scheiden

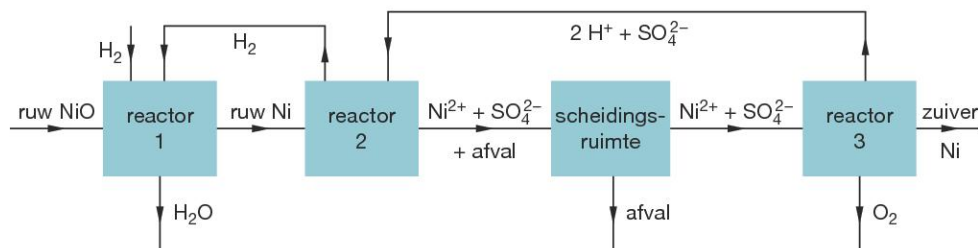


f Zie figuur 13.3.

g Er komt water vrij, dus er verdwijnen continu waterstofatomen uit het proces. Als die niet ook continu ergens een reactor binnengaan, dan houdt het proces op.



13.2



13.3

A 28 ●

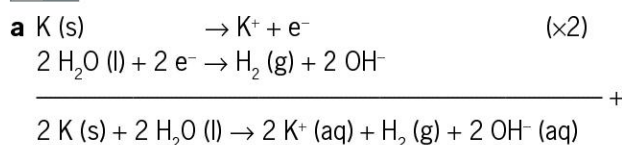
De corrosiegevoeligheid geeft aan hoe gevoelig een metaal is voor aantasting door zuurstof en water.

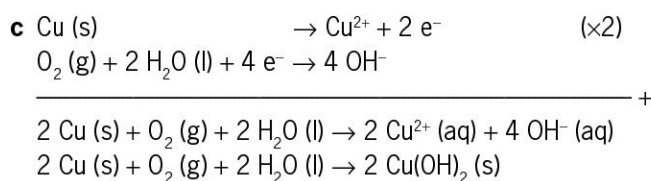
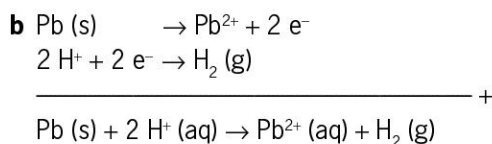
A 29

a Je kunt ijzer afdekken met olie, vet, glas, verf, een oxidelaagje, een edelmetaal of een legering van ijzer en een ander metaal maken.

b Aluminium vormt een afdekkend aluminiumoxidelaagje. Ijzeroxides dekken niet goed af waardoor er alsnog water en zuurstof bij het onderliggende ijzer kan komen. Alle metalen die niet edel zijn, reageren met water en zuurstof waardoor ze oxidelaagjes vormen. Bij sommige metalen is dat afdekkend, bij andere metalen blijft dat poreus.

C 30





d Goud is een slechte reductor; daarom staat hij hoog in de reductortabel. Goud is een edelmetaal en zal dus niet reageren met water en zuurstof oftewel corroderen.

A 31

Ze geleiden goed stroom, zijn buigzaam en onderling mengbaar in elke verhouding.

A 32

- a** Stroomgeleiding is mogelijk door de vrije elektronen. Elektronen kunnen in een metaalrooster vrij bewegen tussen de positieve ionen.
- b** De metaalbinding is heel sterk en zorgt voor een hoog smeltpunt.
- c** Bij het buigen van een metaal verschuift een laag positief geladen metaalionen in het metaalrooster van een kristal. De negatief geladen vrije elektronen bewegen hier tussendoor en houden de metaalionen op hun nieuwe plaats bij elkaar. De beweging kan worden doorgegeven aan andere kristallen.
- d** Uitleg a en b zijn op microniveau en c is op mesoniveau.

B 33

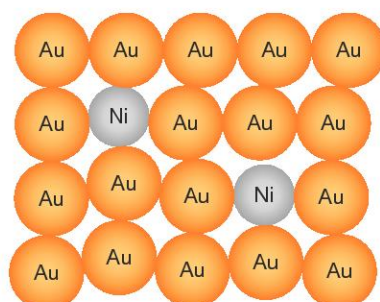
- a** Lage dichtheid ('licht')
- b** Geleidt goed stroom door een lage weerstand
- c** Lage corrosiegevoeligheid

A 34

Op mesoniveau gezien zorgen de atomen van het andere metaal voor verstoringen van het metaalrooster (roosterfouten). Hierdoor wordt het verschuiven van de lagen in de metaalkristallen en het doorgeven van de verschuivingen naar andere kristallen veel moeilijker.

B 35

- a** Je hebt dan minder goud nodig en dat is goedkoper.
- b** Nikkelatomen hebben een atoomstraal van $124 \cdot 10^{-12}$ m. Dat is kleiner dan goudatomen, die hebben een atoomstraal van $144 \cdot 10^{-12}$ m.
- c** In witgoud zijn 10% van de atomen nikkelatomen. Op 20 atomen zijn er 2 nikkelatomen. Zie figuur 13.4.
- d** Op mesoniveau gezien zorgen de nikkelatomen voor verstoringen in het metaalrooster van goud (roosterfouten). Hierdoor wordt het verschuiven van de lagen in de metaalkristallen veel moeilijker.



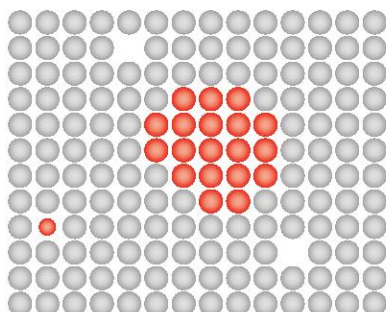
13.4

B 36 ★

- a** De molaire massa van nikkel is $58,69 \text{ g mol}^{-1}$ en de molaire massa van titaan is $47,87 \text{ g mol}^{-1}$. Nikkel- en titaanatomen moeten in gelijke molverhouding aanwezig zijn. De massaverhouding is dus eveneens $58,69 : 47,87$, ofwel $1,226 : 1,000$.
- b** De geheugenwerking van nitinol berust op de faseovergang tussen twee kristalroosters, austeniet en martensiet. Wanneer door roosterfouten deze kristalroosters veranderen, zal deze overgang niet goed meer verlopen en zal het metaal bij verwarmen niet meer 'terugspringen'.
- c** Een lagere temperatuur (ruim onder de 37°C) is wenselijk voor toepassingen in je lichaam, zoals stents in bloedvaten en het rechtekken van je ruggengraat. Een hogere temperatuur is bijvoorbeeld wenselijk bij gebruik in een brandmelder of bij een beveiliging tegen oververhitting.

C 37 ⦿

- a** Een zuiver metaal is te zacht en zal gemakkelijk vervormen. Een legering is veel harder en zorgt voor meer stevigheid in de constructie.
- b** Zie figuur 13.5.



13.5

13.4 Veiligheid en milieu

A 38

- a** De grenswaarde is de maximale concentratie van een stof in mg per m^3 die op een werkplek in de lucht aanwezig mag zijn.
- b** De ADI-waarde is de aanvaardbaar dagelijkse inname van stoffen die in voedsel zitten per kilogram lichaamsgewicht.
- c** De LD_{50} geeft de giftigheid van stoffen aan. Het is de hoeveelheid van een stof per kilogram lichaamsgewicht waarbij 50% van een proefdiergroep overlijdt.

B 39

Op het etiket staat dat rubber of plastic handschoenen gebruikt moeten worden. De stof is dus schadelijk voor de huid. Dit past bij GHS-nummer 05, 06 en 07.

B 40

- a** $0,12 \text{ mg m}^{-3}$
- b** $0,12 \text{ mg m}^{-3} = 0,12 \cdot 10^{-6} \text{ g L}^{-1}$
 $1,0 \text{ L}$ mag dus maximaal $1,2 \cdot 10^{-7} \text{ g}$ ozon bevatten.
- c** $1,0 \text{ L}$ lucht heeft een massa van $1,3 \text{ g}$. De grenswaarde van ozon in massa-ppm is dus:

$$\frac{1,2 \cdot 10^{-7} \text{ g}}{1,3 \text{ g}} \times 10^6 = 0,092 \text{ massa-ppm}$$

B 41

- a** De ADI is de hoeveelheid die aanvaardbaar is om dagelijks binnen te krijgen. Dat moet natuurlijk altijd minder zijn dan de LD_{50} : de hoeveelheid waarbij 50% van een proefdierkolonie sterft.
- b** $60,0 \text{ kg} \times 4 \cdot 10^6 \mu\text{g kg}^{-1} = 2,4 \cdot 10^8 \mu\text{g} = 240 \text{ g}$

- c Er geldt dat dan 50% van een proefdierkolonie sterft. Dat zijn dus niet alle individuen. Verder kan het zijn dat het effect van de betreffende stof op proefdieren groter is dan op mensen.

B 42

Minder giftig wil zeggen: een hogere LD_{50} , dus $100 \times 42 \text{ mg kg}^{-1} = 4,2 \cdot 10^3 \text{ mg kg}^{-1}$.

C 43

- a Een gemiddelde accu is 17,2 kg. 17% daarvan is lood. Dat is $0,17 \times 17,2 \text{ kg} = 2,9 \text{ kg}$ lood.

50% van de accu bestaat uit loodverbindingen. Dat is $0,50 \times 17,2 \text{ kg} = 8,6 \text{ kg}$ loodverbindingen.

De molaire massa is 293 kg kmol^{-1} .

$$8,6 \text{ kg} \triangleq \frac{8,6}{293} = 0,029 \text{ kmol loodverbindingen} = 0,029 \text{ kmol lood.}$$

Dit komt overeen met $0,029 \times 207,2 = 6,1 \text{ kg lood}$.

(De molaire massa van lood is $207,2 \text{ kg kmol}^{-1}$.)

In totaal bevat een loodaccu dus $2,9 + 6,1 = 9,0 \text{ kg lood}$.

- b Bezinken, dit berust op een verschil in dichtheid.

- c De vormingswarmtes zijn:

1 PbO_2	$-2,77 \cdot 10^5 \text{ J}$
1 C	0 J
1 Pb	0 J
1 CO_2	$-3,935 \cdot 10^5 \text{ J}$

De totale vormingswarmte van de beginstoffen is $-2,77 \cdot 10^5 \text{ J}$.

De totale vormingswarmte van de reactieproducten is $-3,935 \cdot 10^5 \text{ J}$.

De reactiewarmte is $-3,935 \cdot 10^5 - (-2,77 \cdot 10^5) = -1,17 \cdot 10^5 \text{ J per mol Pb}$.

A 44

- a Bij uitspoelen zakken nuttige metaalionen dieper de bodem in door (regen)water. Ze worden vervangen door H^+ -ionen, wat leidt tot verzuring.
- b Bij eutrofiëring komen er, bijvoorbeeld door uitspoeling, veel mineralen in oppervlaktewater. Het water is hierdoor veel voedselrijker, wat leidt tot grotere algengroei.

A 45

- a Ademhalingsklachten en smog
- b Giftig voor mensen en smog
- c Versterking van het broeikaseffect
- d Zure depositie en smog

B 46

- a Pokon bevat in ieder geval fosfor, kalium en stikstof (P, K en N).

- b Er is vaak geen oppervlaktewater in de buurt waar de mineralen naartoe spoelen.

B 47

- a Ongewenste stoffen zijn CO , C, NO_x (NO en NO_2), SO_2 , fijnstof, onverbrande koolwaterstoffen.

- b $4,0 \text{ L}$ benzine heeft een massa van $4,0 \times 0,72 = 2,88 \text{ kg} = 2,88 \cdot 10^3 \text{ g}$.

$$\text{Per km wordt } \frac{2,88 \cdot 10^3}{100} = 28,8 \text{ g benzine verbruikt.}$$

De massa van 1 mol benzine (C_7H_{12}) is $7 \times 12,01 + 12 \times 1,008 = 96,17 \text{ g}$.

$$28,8 \text{ g benzine levert } \frac{28,8}{96,17} = 0,30 \text{ mol benzine} = 7 \times 0,30 = 2,1 \text{ mol } \text{CO}_2.$$

De molaire massa van CO_2 is $44,010 \text{ g mol}^{-1}$.

$2,1 \text{ mol } \text{CO}_2$ komt overeen met $2,1 \times 44,010 \text{ g mol}^{-1} = 92 \text{ g}$.

C 48

- a** eutrofiëring
b 1 = fosfaat
 2 = polyfosfaat
 3 = PHB
 4 = zuurstof
 5 = koolstofdioxide + water
c Bij de omzetting van polyfosfaat tot fosfaat komt energie vrij die gebruikt wordt voor de omzetting van koolstofverbindingen tot PHB, dus het is een exotherm proces.
d $2,5 \text{ ton struviet} = 2,5 \cdot 10^6 \text{ g struviet} \triangleq \frac{2,5 \cdot 10^6}{245,41} = 1,0 \cdot 10^4 \text{ mol struviet}.$

Dit komt overeen met $1,0 \cdot 10^4 \text{ mol Mg}^{2+} = 1,0 \cdot 10^4 \text{ mol MgCl}_2.$

De molaire massa van $\text{MgCl}_2 = 95,211 \text{ g mol}^{-1}.$

$1,0 \cdot 10^4 \text{ mol MgCl}_2 \triangleq 1,0 \cdot 10^4 \times 95,211 = 9,7 \cdot 10^5 \text{ g MgCl}_2.$

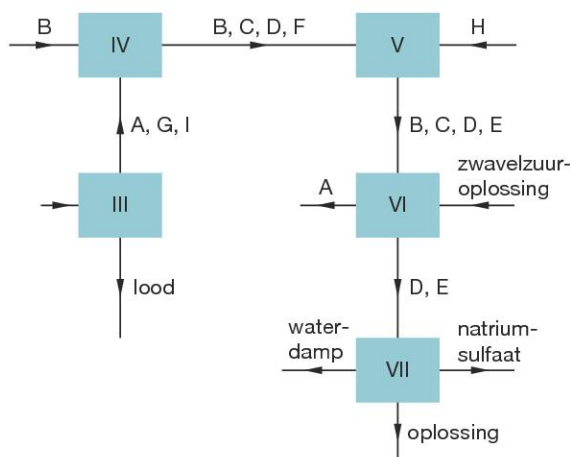
De oplossing bevat 32 massa-% $\text{MgCl}_2.$

De totale massa van de oplossing is dan:

$$\frac{100}{32} \times 9,7 \cdot 10^5 = 3,0 \cdot 10^6 \text{ g} = 3,0 \cdot 10^3 \text{ kg MgCl}_2\text{-oplossing}.$$

C 49 ★

- a** Ongewenst is smogvorming die wordt veroorzaakt door zwaveldioxide, zure depositie die wordt veroorzaakt door zwaveldioxide en waterstofchloride. Giftig/ongezond/schadelijk bij inademen / gevaarlijk voor huid en ogen (Binas tabel 97A) veroorzaakt door zwaveldioxide en waterstofchloride, bijtend (Binas tabel 97A) veroorzaakt door waterstofchloride.
b Zie figuur 13.6.
c $2 \text{ SO}_3^{2-} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ SO}_4^{2-}$
d Als salpeterzuur reageert, ontstaat minder natriumsulfaat. Uit ruimte I komt zwavelzuur dat je kunt gebruiken. Er hoeft dan geen zuur te worden ingekocht.
 Als salpeterzuur reageert, komt er natriumnitraat in de oplossing waardoor een extra zuiveringsstap nodig is.



13.6

Afsluiting

1

a prop-1-een-1-ol, prop-2-een-1-ol of prop-1-een-2-ol

b De theoretische opbrengst is de massa van propeenoxide (C_3H_6O):

$$3 \times 12,01 + 6 \times 1,008 + 16,00 = 58,08 \text{ u}$$

De werkelijke opbrengst is 74% van de theoretische opbrengst:

$$0,74 \times 58,08 = 43 \text{ u}$$

$$E\text{-factor} = \frac{(\text{massa } C_3H_6 + H_2O_2) - (\text{werkelijke opbrengst})}{\text{werkelijke opbrengst}} =$$

$$\frac{(3 \times 12,01 + 6 \times 1,008 + 34,015) - 43}{43} = 0,77$$

c $3,0 \cdot 10^5$ ton propeenoxide = $3,0 \cdot 10^{11}$ g propeenoxide.

De molaire massa van propeenoxide is $58,08 \text{ g mol}^{-1}$.

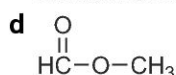
$$3,0 \cdot 10^{11} \text{ g} \triangleq \frac{3,0 \cdot 10^{11}}{58,08} = 5,2 \cdot 10^9 \text{ mol propeenoxide} \triangleq 5,2 \cdot 10^9 \text{ mol } H_2O_2.$$

Het rendement is 74%, dus er is minimaal $\frac{100}{74} \times 5,2 \cdot 10^9 = 7,0 \cdot 10^9 \text{ mol } H_2O_2$ nodig.

Dat is 90% van wat nodig is. Dus er is in totaal $\frac{100}{90} \times 7,0 \cdot 10^9 = 7,7 \cdot 10^9 \text{ mol } H_2O_2$ nodig.

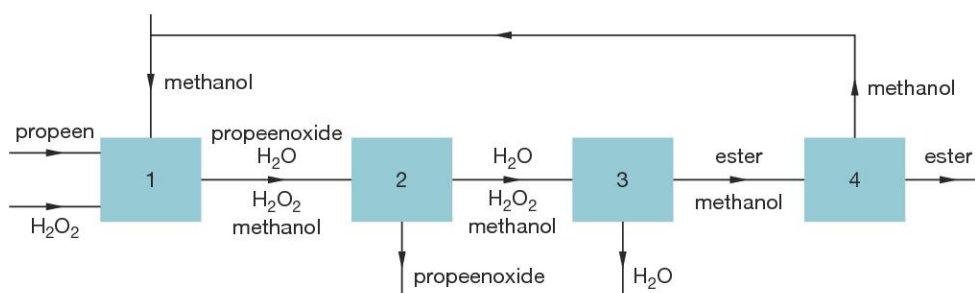
(De molaire massa van $H_2O_2 = 34,015 \text{ g mol}^{-1}$.)

Dit komt overeen met $7,7 \cdot 10^9 \times 34,015 = 2,6 \cdot 10^{11} \text{ g } H_2O_2 = 2,6 \cdot 10^5 \text{ ton } H_2O_2$.



e Methanol wordt bij dit proces verbruikt doordat het reageert tot een ester.

f Zie figuur 13.7.



13.7

2



a Extractie en filtratie

b A water

B DCM en cafeïne

C DCM

D cafeïne

E cafeïnevrije koffiebonen

c Er wordt telkens een bepaalde lading koffiebonen geweekt. Het is dus een batchproces.

- d** Ethylacetaat heeft een hogere grenswaarde dan DCM en is dus minder schadelijk: uitgangspunt: 3, minder schadelijke chemische productiemethoden.
Je kunt ook zeggen dat ethylacetaat door de hogere grenswaarde dan DCM minder risicovol is. Daarbij hoort uitgangspunt 12: minder risicovolle chemie.

3 ★

- a** Zink en lood zijn onedele metalen en zilver is een edel metaal. Zink en lood reageren dus gemakkelijk met water en zuurstof (ze zijn corrosiegevoelig) en zilver niet.
- b** Lood is een metaal en heeft dus een metaalrooster. Daarin kunnen de lagen positieve ionen onderling worden verschoven. De vrije elektronen houden alles dan weer bij elkaar. PbS is een zout met een ionrooster. Als je daarin lagen gaat schuiven, dan komen positieve ionen naast positieve ionen en negatieve ionen naast negatieve ionen te liggen. Het materiaal gaat daardoor barsten.
- c** NaCl kan worden gewonnen door middel van extractie, want dat is goed oplosbaar in water. CaF_2 is slecht oplosbaar in water en kan dus niet door extractie worden gewonnen.
- d** H410 en P273 horen bij een milieugevaarlijke stof. Hierbij hoort symbool 09.
- e** Na de pijl moet een stof staan met zwavel. Het oxide van zwavel is zwaveldioxide.
- f** $2 \text{ZnS} + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ZnO} + 2 \text{SO}_2$
Het gaat om ZnO, dat is de stof die in de volgende reacties verder reageert en daar is het van belang de atomeconomie te weten.

$$\text{atomeconomie} = \frac{\text{massa } 2 \text{ ZnO}}{\text{massa } 2 \text{ ZnS} + \text{massa } 3 \text{ O}_2} \times 100\% =$$

$$\frac{2 \times 81,38}{2 \times 97,45 + 3 \times 32,00} \times 100\% = 55,95\%$$

- g** De base O^{2-} in ZnO reageert met het zuur tot H_2O . Het is dus een zuur-basereactie.
- h** De grenswaarde van zwavelzuur is $0,05 \text{ mg m}^{-3}$. In 125 m^3 mag dus maximaal:
 $125 \text{ m}^3 \times 0,05 \text{ mg m}^{-3} = 6,25 \text{ mg}$ zwavelzuur aanwezig zijn.
De dichtheid van zwavelzuur is $1,84 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3} = 1,84 \cdot 10^3 \text{ mg mL}^{-1}$.

$$6,25 \text{ mg zwavelzuur heeft dus een volume van } \frac{6,25}{1,84 \cdot 10^3} = 3 \cdot 10^3 \text{ mL}.$$

- i** De molaire massa van zinksulfaat is $161,44 \text{ g mol}^{-1}$.

$$370 \text{ g ZnSO}_4 \triangleq \frac{370}{161,44} = 2,29 \text{ mol ZnSO}_4$$

Dit levert ook $2,29 \text{ mol Zn}^{2+}$ per liter = $2,29 \text{ mol L}^{-1}$.

- j** 500 L met $2,29 \text{ mol L}^{-1}$ bevat $500 \text{ L} \times 2,29 \text{ mol L}^{-1} = 1145 \text{ mol Zn}^{2+}$.
Dit levert dus ook 1145 mol Zn .
Dit komt overeen met $1145 \times 65,38 = 7,49 \cdot 10^4 \text{ g Zn}$ per uur.
Dat is $24 \times 7,49 \cdot 10^4 = 1,80 \cdot 10^6 \text{ g Zn} = 1,80 \cdot 10^3 \text{ kg Zn}$ per dag.

4

- a** propaan-2-ol
- b** Er verdwijnt een dubbele binding, dus de reactie is een additiereactie.
- c** H_2
- d** IPA-moleculen bevatten een OH-groep en de moleculen van aceton niet, dus IPA vormt H-bruggen en aceton niet. Het kookpunt van IPA is dus hoger dan het kookpunt van aceton. Dus is IPA het residu en aceton het destillaat.

5

- a** Methylbromide is schadelijk voor de gezondheid op lange termijn, kan erfelijke mutaties veroorzaken / is mutageen, is kankerverwekkend, is gevaarlijk voor de luchtwegen / maakt luchtwegen overgevoelig / kan allergie- of astmasymptomen veroorzaken en kan de vruchtbaarheid of het ongeboren kind schaden.

- b** Bij het verdampen van methylbromide worden de vanderwaalsbindingen verbroken. De afstand tussen de moleculen wordt veel groter dan in de vloeistoffase. Per volume-eenheid bevat gasvormig methylbromide dus veel minder moleculen dan vloeibaar methylbromide, dus is de dichtheid ook veel kleiner.
- c** De massa van 1 mol methylbromide (CH_3Br) is $12,01 + 3 \times 1,008 + 79,90 = 94,93 \text{ g}$. 1 mol heeft een volume van $24,5 \text{ dm}^3$.

$$\text{De dichtheid is } \frac{94,93}{24,5} = 3,87 \text{ g dm}^{-3} = 3,87 \cdot 10^{-3} \text{ g cm}^{-3}.$$

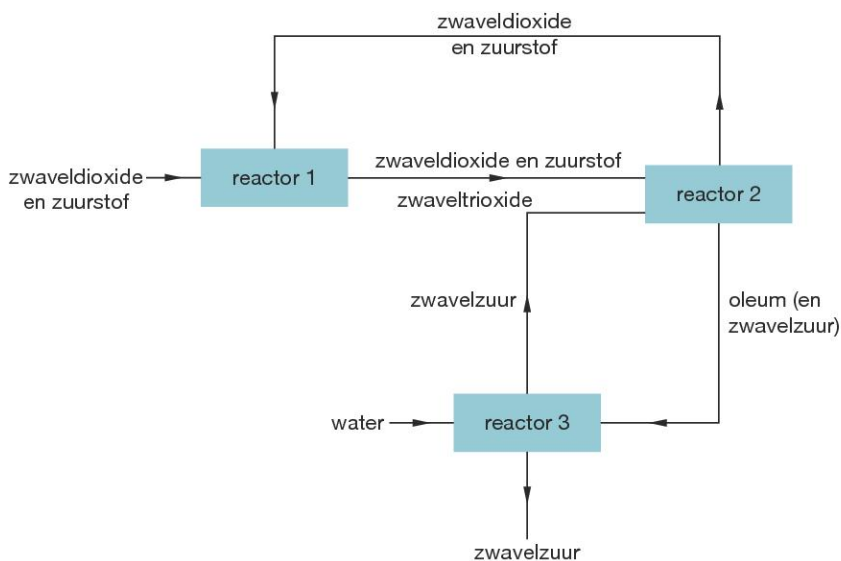
- d** 5 volume-ppm = 5 m^3 methylbromide per $1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ lucht
De dichtheid van gasvormig methylbromide is $3,87 \cdot 10^{-3} \text{ g cm}^{-3} = 3,87 \cdot 10^6 \text{ mg m}^{-3}$.
 5 m^3 methylbromide heeft een massa van $5 \text{ m}^3 \times 3,87 \cdot 10^6 \text{ mg m}^{-3} = 1,9 \cdot 10^7 \text{ mg}$.

$$5 \text{ volume-ppm is dus } 1,9 \cdot 10^7 \text{ mg per } 1 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \text{ lucht} = \frac{1,9 \cdot 10^7}{1 \cdot 10^6} = 19 \text{ mg m}^{-3}.$$

Dit komt overeen met de gegeven grenswaarde en het is dus inderdaad volume-ppm.

6

- a** Zwaveldioxide leidt tot zure depositie en samen met NO_x tot smogvorming.
- b** Door de hogere temperatuur in de reactor gaat de instelling van het evenwicht sneller dan in de buitenlucht. In de reactor zal ook een betere en beter verdeelde katalysator aanwezig zijn dan de metaalionen in de muren van gebouwen. In de reactor is ook een hogere concentratie SO_2 en O_2 aanwezig dan in de buitenlucht.
- c** $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$
- d** $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2\text{SO}_4$
- e** Zie figuur 13.8.



13.8

Examentraining

Bij de uitwerkingen van de opdrachten bij dit hoofdstuk staan de uitwerkingen uitgesplitst met bolletjes ervoor. Elk bolletje is één punt. Als je de opdracht hebt gemaakt, kun je aan de hand van de bolletjes zien hoeveel punten je voor het antwoord hebt behaald.

14.1 Centraal examen

A 1

Door te zoeken op 'havo examen' vind je ze snel. Kijk ook op de site van de NVON en op examenblad.nl. Daar vind je ook het bijbehorende correctiemodel.

B 2

- a** Door alle hoofdstukken door te nemen kom je alle stof tegen. Dat is zeker handig als je voldoende tijd hebt.
Door examenopgaven te maken kom je makkelijker je zwakke plekken tegen waardoor je meer gericht kunt oefenen.
- b** Je neemt heel veel stof door die je al lang kent.
Je oefent niet steeds op het niveau dat je op het einde van 5 havo hoort te hebben.

B 3

- a** eigen antwoord
- b** eigen antwoord

A 4

Je moet de twee beste oorzaken noemen, want de derde mag je docent niet meetellen. En als alleen de eerste en derde goed zijn, wordt dat derde antwoord niet meegeteld.

B 5

- a** Nul punten, want een antwoord zonder uitleg telt niet mee.
- b** Thymolblauw is blauw bij een $\text{pH} > 9,6$ (Binas tabel 52A). Natronloog is een base, dus thymolblauw kan de indicator zijn.

B 6

- a** Aflezen in de grafiek geeft: $0,51 \rightarrow 59,5 \cdot 10^{-6} \text{ g}$. De hoeveelheid I_2 in de reageerbuis is $59,5 \mu\text{g}$. Deze hoeveelheid zat in $4,00 \text{ mL}$ van de inhoud van de maatkolf. In de hele maatkolf zat 250 maal zo veel. Dus $59,5 \cdot 10^{-6} \times 250 = 14875 \cdot 10^{-6} \text{ g} = 14,9 \text{ mg} = 15 \text{ mg}$.
- b** 2p, want 14,9 bestaat uit drie significante cijfers en er wordt uitdrukkelijk om twee cijfers gevraagd.
- c** eigen antwoord

A 7

- a** Binas, rekenmachine (batterij), potlood, pen, gum, eventueel iets te drinken of eten
- b** 8 minuten

B 8

eigen antwoord

14.2 Reactievergelijkingen

A 9

- a** Het aantal atomen moet kloppen en ook de elektrische lading.
- b** Links en rechts mogen geen gelijke deeltjes staan. De coëfficiënten moeten zo klein mogelijk, dus kijk of je bijvoorbeeld alles nog door 2 kunt delen.

B 10

- a** Je hebt maar beperkte tijd en als je alles moet opzoeken kom je tijd te kort. Als je de formules al kent kun je ook meer aandacht besteden aan de echte moeilijkheden van het examen.
- b** eigen antwoord

A 11

- a** Bij een ontledingsreactie is er slechts één beginstof.
- b** Een verbrandingsreactie is een reactie met zuurstof.

3p

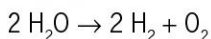
B 12



- voor de pijl CH_4 en NO
- na de pijl CO_2 , H_2O en N_2
- juiste coëfficiënten

2p

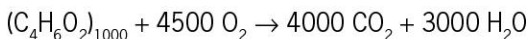
B 13



- H_2O voor de pijl en juiste coëfficiënten
- H_2 en O_2 na de pijl

3p

B 14



- $(\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2)_{1000}$ en O_2 voor de pijl en CO_2 en H_2O na de pijl
- de C-balans kloppend
- de H-balans en O-balans kloppend

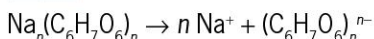
Als je de vergelijking $2 \text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2 + 9 \text{O}_2 \rightarrow 8 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$ hebt gegeven: 1p

A 15

- a** Een zoutoplossing: $\text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{Cl}^{-}(\text{aq})$
- b** Bij een redoxreacties veranderen de ladingen van deeltjes.

3p

A 16



- voor de pijl $\text{Na}_n(\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6)_n$
- na de pijl Na^+ en $(\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6)_n^{n-}$
- juiste coëfficiënten

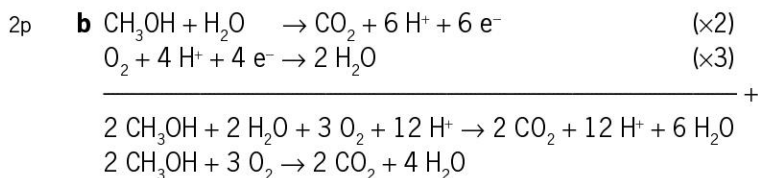
B 17

2p

- a** • Methanol is de reductor / staat elektronen af.
• Dus halfreactie 1 vindt plaats aan de negatieve elektrode.

Als je hebt geantwoord: 'Methanol is de oxidator. Dus halfreactie 1 vindt plaats aan de positieve elektrode.': 1p

Als je hebt geantwoord dat halfreactie 1 plaatsvindt aan de negatieve elektrode zonder uitleg of foute uitleg: Op

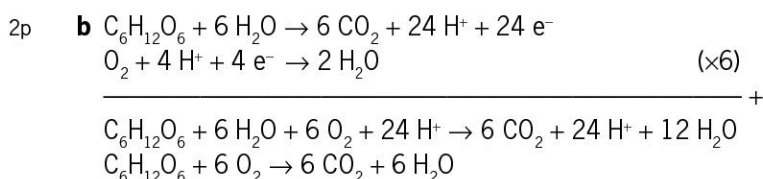


- halfreacties in de juiste verhouding optellen
- H_2O , H^+ en e^- voor en na de pijl tegen elkaar wegstrepen

B 18

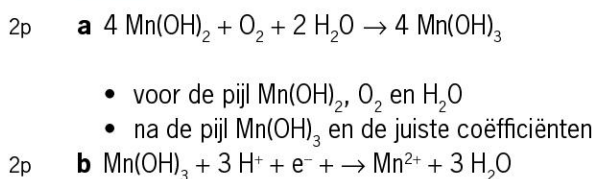
- 2p **a**
- Bij elektrode A komen elektronen vrij / reageert een reductor.
 - Dus elektrode A is de negatieve elektrode.

Als je hebt geantwoord: 'Elektrode A is de negatieve elektrode.' zonder uitleg of met een onjuiste uitleg: Op



- de halfreacties in de juiste verhouding optellen
- H^+ , H_2O en e^- voor en na de pijl tegen elkaar wegstrepen

- 2p **c** Voorbeelden van juiste argumenten zijn:
- Juist argument voor Naima:
 - Bij elektrode B reageren evenveel H^+ -ionen als er bij elektrode A ontstaan. Hierdoor verandert de zuurgraad van de bodem niet.
 - In de totale vergelijking staat geen H^+ en/of OH^- , dus verandert de zuurgraad van de bodem niet.
 - Het gevormde CO_2 ontwijkt als gas en zal de pH niet veranderen.
 - Juist argument voor Meron:
 - Er ontstaat CO_2 . Hierdoor wordt met water koolzuur gevormd, waardoor de zuurgraad van de bodem verandert.
 - Doordat H_2O ontstaat, treedt verdunning op en verandert de pH in de richting van 7, waardoor de zuurgraad van de bodem verandert.

B 19

- voor de pijl $\text{Mn}(\text{OH})_2$, O_2 en H_2O
- na de pijl $\text{Mn}(\text{OH})_3$ en de juiste coëfficiënten
- voor de pijl $\text{Mn}(\text{OH})_3$ en H^+ en e^- en Mn^{2+} en H_2O na de pijl
- juiste coëfficiënten en ladingsbalans

Als je de vergelijking hebt gegeven: $\text{Mn}(\text{OH})_3 + 3 \text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{e}^- + 3 \text{H}_2\text{O}$: 1p

A 20

- a** Bij een zuur-basereactie wordt een H^+ -ion overgedragen van zuur naar base.
b Het zuur staat een H^+ -ion af en de base neemt het H^+ -ion op.

2p

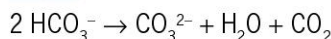
B 21

- $\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_5\text{O}_8$ staat (drie) H^+ ionen af, er ontstaat $\text{GdC}_{16}\text{H}_{26}\text{N}_5\text{O}_8 / \text{O}^{2-}$ in Gd_2O_3 neemt (twee) H^+ -ionen op.
- Dus het is een zuur-basereactie.

Als je hebt geantwoord: 'Het is een zuur-basereactie, want er wordt H^+ overgedragen.': 1p

Als je hebt geantwoord: 'Het is geen redoxreactie, want er is geen elektronenoverdracht, dus het is een zuur-basereactie.': Op.

3p

B 22

- HCO_3^- voor de pijl en CO_3^{2-} na de pijl
- H_2O en CO_2 na de pijl
- juiste coëfficiënten

2p

B 23

Voorbeelden van een juist antwoord zijn:

- $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$ draagt een H^+ over aan HCO_3^- . Dus het is een zuur-basereactie.
- HCO_3^- neemt een H^+ op, en $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$ staat dit H^+ af. (Dus het is een zuur-basereactie.)
- uitleg waaruit blijkt dat $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$ het zuur is, en HCO_3^- de base
- dus H^+ wordt overgedragen

Als je hebt geantwoord in de trant: ' HCO_3^- reageert als een base en $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$ reageert als een zuur.': 1p

Als je hebt geantwoord in de trant: 'Er wordt een H^+ overgedragen.' maar geen uitleg of met foute uitleg: Op

14.3 Chemisch rekenen

A 24

- 1 reactievergelijking
- 2 gegeven stof omrekenen naar mol
- 3 molverhouding
- 4 gevraagde stof berekenen in mol
- 5 gevraagde stof omrekenen van mol naar gevraagde eenheid

B 25

a $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$ en $[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$

b $\text{pH} = 14 - \text{pOH}$, $\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-]$ en $[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}}$

3p

B 26

- De molaire massa van CaCl_2 is $110,98 \text{ g mol}^{-1}$.

$$3,0 \text{ g} \triangleq \frac{3,0}{110,98} = 0,0270 \text{ mol CaCl}_2$$

- De molaire massa van $\text{Ca}(\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3)_2$ is $218,22 \text{ g mol}^{-1}$.
- CaCl_2 en $\text{Ca}(\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3)_2$ leveren allebei 1 mol Ca^{2+} -ionen.
Er is $0,0270 \times 218,22 = 5,9 \text{ g}$ nodig aan $\text{Ca}(\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3)_2$.

A 27

De E-factor is daarvoor het belangrijkste.

4p

B 28

- De molaire massa van 1 mol CH_3Cl en 1 mol Cl_2 is 50,48 g en 70,90 g.
- De atomeconomie = $\frac{\text{massa CH}_2\text{Cl}_2}{\text{massa CH}_3\text{Cl} + \text{massa Cl}_2} \times 100\% = \frac{84,93}{50,48 + 70,90} \times 100\% = 69,96\%$
- Het rendement is 85%. Ga uit van 1 mol CH_2Cl_2 : de werkelijke opbrengst is dan: $0,85 \times 84,93 = 72,19 \text{ g}$
- E-factor = $\frac{(\text{massa CH}_3\text{Cl} + \text{Cl}_2) + (\text{werkelijke opbrengst})}{\text{werkelijke opbrengst}} = \frac{(50,48 + 70,90) - 72,19}{72,19} = 0,68$

A 29

- 1 Reactievergelijking opstellen.
- 2 Vormingswarmtes van beginstoffen en reactieproducten opzoeken.
- 3 De vormingswarmtes uit Binas vermenigvuldigen met het aantal mol stof.
- 4 Het energieverval berekenen tussen de reactieproducten en de beginstoffen en de uitkomst delen door het aantal mol van de gevraagde stof.

3p

B 30

- De vormingswarmtes van koolstofdioxide en vloeibaar water:
 CO_2 : $-3,935 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ en H_2O : $-2,86 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
- Het aantal mol dat reageert is voor beide 6 mol. Dus:
 $6 \times (-3,935 \cdot 10^5 \text{ J}) + 6 \times (-2,86 \cdot 10^5 \text{ J}) = -40,77 \cdot 10^5 \text{ J}$
- De vormingswarmte van glucose is $-12,74 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ en van zuurstof 0 J mol^{-1} .
Er is nodig voor de vorming van 1 mol glucose:
 $(-12,74 \cdot 10^5 \text{ J}) - (-40,77 \cdot 10^5 \text{ J}) = 28,03 \cdot 10^5 \text{ J}$

Als je een antwoord hebt gegeven als:

$$6 \times (-3,935) + 6 \times (-2,86) - 12,74 = 28,03' \quad 2p$$

Als je in een overigens juist antwoord één of meer fouten hebt gemaakt in de plustekens en/of mintekens bij de verwerking van de vormingswarmtes: 2p

Als je in een overigens juist antwoord een andere waarde dan 0 (J mol^{-1}) hebt gebruikt voor de vormingswarmte van zuurstof: 2p

3p

B 31

- De vormingswarmte van koolstofdioxide: $-3,935 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
- De vormingswarmtes van methaan en (gasvormig) water:
 $-0,75 \cdot 10^5 \text{ J}$ en $2 \times -2,42 \cdot 10^5 \text{ J}$
De totale vormingswarmte van de reactieproducten: $-5,59 \cdot 10^5 \text{ J}$
- De reactiewarmte is $-5,59 \cdot 10^5 \text{ J} - (-3,935 \cdot 10^5 \text{ J}) = -1,66 \cdot 10^5 \text{ J}$ per 4 mol H_2 .
Per mol H_2 is dat $-1,66 \cdot 10^5 \text{ J} : 4 = -4,1 \cdot 10^4 \text{ J}$.

Als je in een overigens juist antwoord de factor 10^4 niet hebt vermeld: 2p

2p

B 32

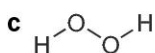
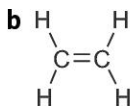
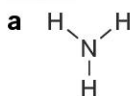
- De vormingswarmte van PbO_2 : $-2,77 \cdot 10^5 \text{ J}$
- De vormingswarmte van CO_2 : $-3,935 \cdot 10^5 \text{ J}$
De reactiewarmte per mol Pb is:
 $(-3,935 \cdot 10^5) - (-2,77 \cdot 10^5) = -1,17 \cdot 10^5 \text{ J}$

14.4 Structuurformules

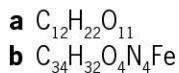
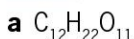
A 33

- a** In een molecuulformule zie je niet hoe de atomen aan elkaar zitten in een molecuul, bij een structuurformule zie je dat wel.
b Bij beide zie je uit welk aantal atomen van elk soort een molecuul bestaat.

B 34

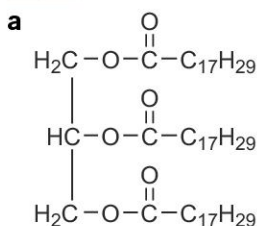


B 35



B 36

2p



- de drie esterbindingen juist weergegeven
- in een structuurformule de rest van de structuurformule juist weergegeven

3p

- b** • Er zijn per 100 vetzuurmoleculen: 16 oliezuurresten, dus $16 \times 1 = 16$ C=C-bindingen, 15 linolzuurresten met $15 \times 2 = 30$ C=C-bindingen en 62 α -linoleenzuurresten met $62 \times 3 = 186$ C=C-bindingen. Het totaal aantal C=C bindingen per 100 vetzuurmoleculen is $16 + 30 + 186 = 232$.
 • Per vetzuurmolecuul is het gemiddelde aantal C=C-bindingen $232 : 100 = 2,32$.
 • Per triglyceridemolecuul zijn er 3 vetzuren, dus is het gemiddelde aantal C=C-bindingen dan per triglyceridemolecuul: $2,32 \times 3 = 7,0$.

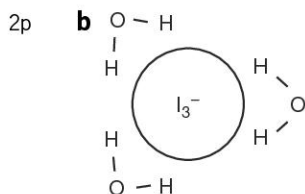
B 37

2p

- a** • Watermoleculen zijn hydrofiel en joodmoleculen zijn hydrofoob, joodmoleculen bevatten geen OH-groepen of NH-groepen.
 • Hydrofobe en hydrofiel stoffen mengen slecht, er kunnen geen waterstofbruggen worden gevormd tussen joodmoleculen en watermoleculen.

Als je in een overigens juist antwoord voor watermoleculen en/of joodmoleculen een aanduiding op macroniveau (dus water respectievelijk jood) hebt gebruikt: 1p

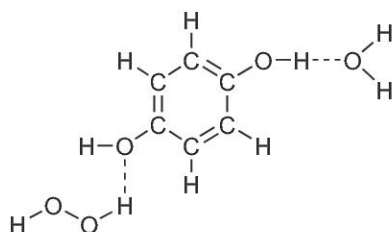
Als je een antwoord hebt gegeven in de trant: 'Joodmoleculen bevatten geen OH-groepen en kunnen dus geen waterstofbruggen vormen met watermoleculen.' of 'Joodmoleculen bevatten geen NH-groepen en kunnen dus geen waterstofbruggen met watermoleculen vormen.': 1p



- Het I_3^- -ion omgeven door drie watermoleculen, elk weergegeven met een juiste structuurformule
- Alle watermoleculen met minimaal één H atoom naar het I_3^- -ion gericht

3p

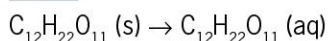
B 38



- de structuurformule van het waterstofperoxidemolecuul juist weergegeven
- het waterstofperoxidemolecuul op een juiste wijze met een waterstofbrug verbinden met het hydrochinonmolecuul
- de structuurformule van het watermolecuul juist weergegeven en de waterstofbrug tussen het watermolecuul en het hydrochinonmolecuul juist weergegeven

2p

B 39



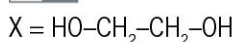
- $C_{12}H_{22}O_{11}$ voor de pijl en $C_{12}H_{22}O_{11}$ na de pijl
- de juiste toestandsaanduidingen

A 40

- a** Een additiepolymeer bevat een ononderbroken koolstofketen. Een condensatiepolymeer bevat altijd een O- of N-atoom bij elke monomeereenheid in de keten.
- b** Beide polymeren zijn kunststoffen die uit grote moleculen bestaan.

2p

B 41

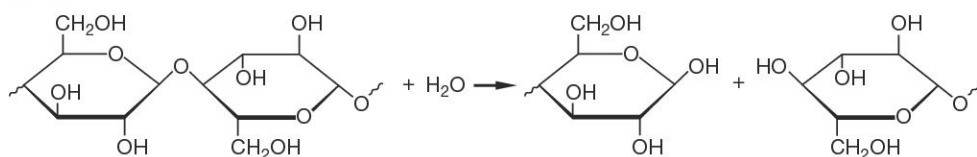


- structuurformule heeft twee C-atomen en een OH-groep
- de tweede OH groep aan het andere C-atoom.

Als je de volgende structuurformule hebt gegeven: $OH-CH_2-CH_2-OH$: 1p
De notatie $OH-$ is dus fout.

3p

B 42

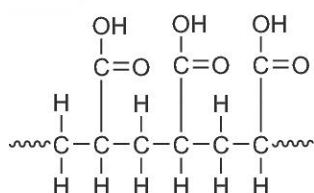


- juiste structuurformule en H_2O voor de pijl
- de eerste structuurformule na de pijl juist
- de tweede structuurformule na de pijl juist

Als je in de vergelijking het vervolg van de ketens een of meerdere malen niet hebt aangegeven met ~ moet je hiervoor 1 punt aftrekken.

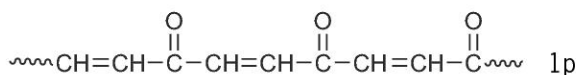
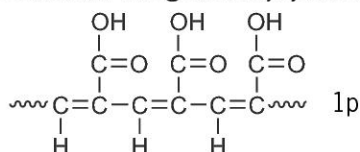
3p

B 43



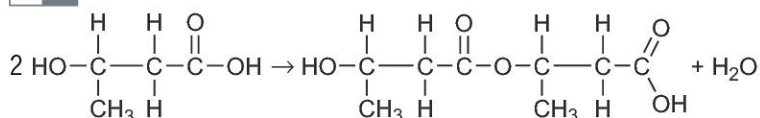
- keten van zes koolstofatomen met enkelvoudige bindingen ertussen
- carboxylgroepen juist weergegeven
- waterstofatomen op de juiste wijze aan de keten verbonden en de uiteinden van de getekende keten aangeven met zigzagies of ~ of –

Voorbeelden van gedeeltelijk juiste antwoorden zijn:



3p

B 44



- de estergroep in de formule na de pijl juist weergegeven
- de rest van de formule na de pijl juist weergegeven
- de coëfficiënt en de formule voor de pijl en H_2O na de pijl juist weergegeven

Als je voor de pijl geen coëfficiënt 2 hebt gegeven, maar tweemaal dezelfde structuurformule hebt getekend, mag je dit goed rekenen.

Als je in plaats van de pijl een evenwichtsteken hebt gegeven, mag je dit goed rekenen.

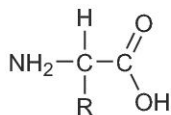
14.5 Blokschema's

B 45

Als in een reactor een product ontstaat dat bij een eerdere reactor een beginstof is, kun je een recirculatiepijl tekenen.

B 46

2p **a** Algemene structuurformule van een aminozuur:

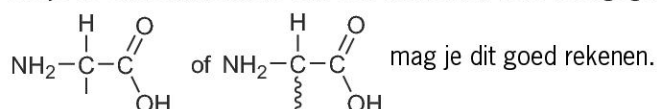


Uitleg: elk aminozuur(molecuul) bevat minstens 1 N-atoom. (Dit blijft aanwezig bij de vorming van de peptidebinding. Een eiwitmolecuul dat is opgebouwd uit 100 aminozuren bevat dus minstens 100 N-atomen.)

- algemene structuurformule van een aminozuur
- uitleg: elk aminozuur(molecuul) bevat minstens 1 N-atoom (en eventueel ook een N-atoom in de zijgroepen), dus 100 aminozuren bevatten 100 N-atomen of meer

Als je in een overigens juist antwoord de structuurformule van een aminozuur hebt weergegeven als $\text{H}_2\text{N}-\text{CHR}-\text{COOH}$: 1p

Als je de structuurformule van een aminozuur hebt weergegeven als:



2p **b** • De molaire massa van melamine: $126,14 \text{ g mol}^{-1}$.
 • In melamine zitten 6 stikstofatomen, dus in 1 mol melamine zitten 6 mol stikstofatomen. De massa van 6 mol stikstofatomen is $6 \times 14,01 = 84,06 \text{ g}$.

Het massapercentage N in melamine is $\frac{84,06}{126,14} \times 100\% = 66,64\%$.

2p **c** isocyaanzuur: $\text{OH}-\text{C}\equiv\text{N}$ en
 cyaanuur: $\text{H}-\text{N}=\text{C}=\text{O}$

- structuurformule isocyaanzuur
- structuurformule cyaanuur

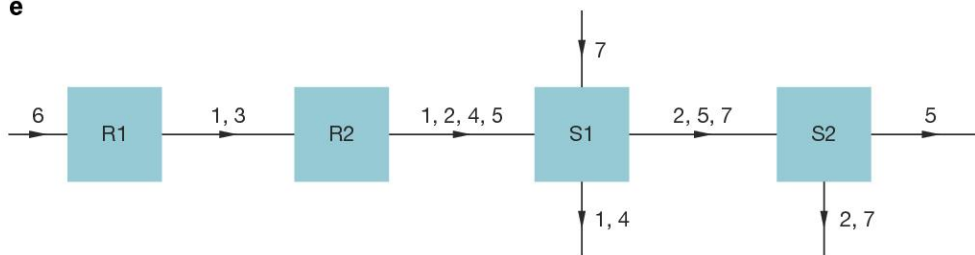
Als je de volgende structuurformule hebt gegeven, mag je dit goed rekenen.



2p **d** $6 \text{ HOCN} \rightarrow \text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6 + 3 \text{ CO}_2$

- $\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6$ en CO_2 na de pijl
- HOCN voor de pijl en juiste coëfficiënten

4p **e**



- 6 en 3 juist vermeld
- 5 juist vermeld
- 1 en 4 juist vermeld
- 7 en 2 juist vermeld

Als je de juiste namen of de juiste formules hebt gebruikt in plaats van cijfers, mag je dit goed rekenen.