

# Hoofdstuk 4

## Chemisch rekenen

### 4.1 Rekenen met meetwaarden

- 1 -
- 2 a *Let goed op welke nullen wel meetellen voor de significantie en welke nullen niet.*  
De nullen achter de 6 tellen mee, dus bevat dit getal 4 significante cijfers.  
b 3 cijfers  
c 2,91  
d  $1,2 \cdot 10^3$   
e 4,5  
f -0,80 (let op door de berekening  $(3,43 - 4,5) = -1,07$ . Maar dat is in significante cijfers 1,1 dus twee cijfers. Het is niet gebruikelijk om tussendoor af te ronden. Je rekent dus wel verder met -1,07. De uiteindelijke uitkomst mag je maar in twee cijfers opgeven!)  
g *Let op: 12 is een telwaarde en heeft geen invloed op het aantal significante cijfers in de uitkomst*  
 $63,6 : 12 = 5,30 \text{ g}$

h

massa	19,3 kg	$19,3 \cdot 10^3 \text{ g}$	.....
volume	1,00 dm <sup>3</sup>	$1,00 \cdot 10^3 \text{ cm}^3$	7,2 cm <sup>3</sup>

Hieruit bereken je  $1,4 \cdot 10^2 \text{ g}$ 

- 3 a Langs de y-as staan de getallen in 6 cijfers opgegeven. Neem een voorbeeld: welk getal kun je tussen 1700,00 en 1800,00 nog betrouwbaar schatten? 1720,00? Dat betekent dat de nullen achter de komma geen enkele betekenis hebben.  
b Beter is om de getallen langs de y-as op te geven als  $1,70 \cdot 10^3$ . Het is dan verantwoord om die getallen in drie cijfers op te geven.

4

massa	$4,05 \cdot 10^3 \text{ kg}$	20 kg
volume	1,00 m <sup>3</sup>	.....

Hieruit bereken je  $4,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ ; dat is  $4,9 \text{ dm}^3$ .

- 5 Dat is:  $65 \times 0,62 + 550 \times 0,723 + 385 \times 0,6994 = 7,1 \cdot 10^2 \text{ kg ijzer}$ .

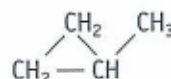
6 -

### 4.2 Atoommassa, ionmassa, molecuulmassa

7 -

- 8 a 97,43 u  
b 98,08 u  
c 65,38 u

- 9 a  $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_3$



- b De molecuulformule van 2-buteen is  $\text{C}_4\text{H}_8$ . De molecuulmassa is 56,10 u.  
Het massa% koolstof daarin is:  
 $(4 \times 12,01 : 56,10) \times 100\% = 85,63 \text{ massa\%}$ .  
De molecuulformule van methylcyclopropan is ook  $\text{C}_4\text{H}_8$ . Dus is het massa% koolstof daarin ook 85,63 massa%.  
c 2-buteen en methylcyclopropan zijn isomeren. Dus het is niet verwonderlijk dat het massapercentage koolstof in beide stoffen gelijk is.
- 10 a *Gebruik tabel 99 van Binas.*  
 $2 \times 26,98 + 2 \times 28,09 + 9 \times 16,00 + 4 \times 1,008 = 258,2 \text{ u}$ .  
b  $144,0 : 258,2 \times 100\% = 55,78 \text{ massa\% zuurstof}$

- 11 a  $\text{Al}^{3+}$  ionmassa 26,98 u;  $\text{O}^{2-}$  ionmassa 16,00 u  
b *Ga uit van 100 u aluminiumoxide en bereken daarin de hoeveelheid aluminium en zuurstof.*  
Neem 100 u aluminiumoxide.  
Er is 52,9% Al dus moet er  $100,0 - 52,9 = 47,1\%$  O zijn. Dan heb je 52,9 u aan Al-ionen en 47,1 u aan O-ionen.  
52,9 u Al betekent  $52,9 : 26,98 = 1,96 \text{ Al-ionen}$  47,1 u O betekent  $47,1 : 16,00 = 2,94 \text{ O-ionen}$  De verhouding Al : O =  $1,96 : 2,94 = (\text{afgerond}) 2 : 3$ .  
De verhoudingsformule is  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

- 12 *Neem 1000 atomen magnesium en reken met behulp van de percentages de gemiddelde massa uit.*  
De massa van 1000 magnesiumatomen is  $23,98505 \times 788 + 24,98584 \times 101 + 25,98260 \times 111 = 24300 \text{ u}$ .  
De gemiddelde atoommassa van magnesium is dus 24,3 u.

### 4.3 Chemische hoeveelheid

- 13 *Gebruik steeds het omrekenchema van figuur 4.8.*  
*Bedenk dan:*
- in welk hok staat het gegeven,
  - naar welk hok moet ik omrekenen,
  - welke omrekeningen moet ik uitvoeren?

- 14 a  $55,85 + 2 \times 16,00 + 1,008 = 88,85 \text{ g mol}^{-1}$   
b  $2 \times 12,01 + 6 \times 1,008 + 16,00 = 46,07 \text{ g mol}^{-1}$   
c  $40,08 + 32,06 + 4 \times 16,00 = 136,1 \text{ g mol}^{-1}$   
d  $2 \times 26,98 + 3 \times 9,012 + 6 \times 28,09 + 18 \times 16,00 = 537,5 \text{ g mol}^{-1}$   
e  $5 \times 12,01 + 12 \times 1,008 + 16,00 = 88,15 \text{ g mol}^{-1}$



- 15 a  $0,48 \times 100,0 = 48 \text{ g}$   
 b  $8,7 \cdot 10^{-4} \times 97,43 = 8,5 \cdot 10^{-2} \text{ g}$   
 c  $4,11 \cdot 10^3 \times 55,85 = 2,30 \cdot 10^5 \text{ g}$   
 d  $0,20 \cdot 10^{-3} \times 16,04 = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ g}$

- 16 a  $60,0 : 32,00 = 1,88 \text{ mol}$   
 b  $12 : 58,12 = 0,21 \text{ mol}$   
 c  $1,000 \cdot 10^6 : 17,03 = 5,872 \cdot 10^4 \text{ mol}$   
 d  $50 \cdot 10^{-3} : 58,44 = 8,6 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$

- 17 a  $[\text{Ca}^{2+}] = 22,375 \cdot 10^{-3} : 40,08 = 2,23 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$   
 $[\text{Cl}^-] = 14,25 \cdot 10^{-3} : 35,45 = 1,61 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$   
 b Je moet twee keer omrekenen: mg  $\text{Fe}^{2+}$  naar mol  $\text{Fe}^{2+}$  en  $\text{m}^3$  naar L.  
 $250 \text{ mg Fe}^{2+}$  komt overeen met  $0,250 : 55,85 = 4,4762 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ . Deze hoeveelheid is aanwezig in  $1,00 \text{ m}^3$ ; dus in  $1000 \text{ dm}^3$ .  
 Dan is  $[\text{Fe}^{2+}(\text{aq})] = 4,48 \cdot 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$ .  
 c Ga uit van het grondwater van opgave b. Hoeveel  $\mu\text{mol Fe}^{2+}$  moet dan per liter verwijderd worden? Reken daarna verder!  
 Er is  $4,48 \mu\text{mol Fe}^{2+}$  per liter. Dus per liter water moet er verdwijnen:  $4,48 - 0,385 = 4,095 \mu\text{mol}$ . Uit  $1,2 \cdot 10^7 \text{ m}^3$  water moet dan  $4,095 \times 1,2 \cdot 10^7 \times 1000 = 4,9 \cdot 10^{10} \mu\text{mol Fe}^{2+}$  verdwijnen.  
 Dat is  $49 \text{ kmol Fe}^{2+}$ . Dit komt overeen met  $49 \times 55,85 = 2,7 \cdot 10^3 \text{ kg Fe}^{2+}$

- 18 a Wat betekent 15 volumeprocent MTBE in benzine?  
 $100 \text{ L benzine bevat } 15 \text{ L MTBE}$   
 $1,000 \text{ liter benzine bevat } 0,15 \text{ liter MTBE}$ . Dat is  $1,5 \cdot 10^2 \text{ cm}^3 \text{ MTBE}$ . Dat komt dan overeen met  $1,5 \cdot 10^2 \times 0,74 = 1,1 \cdot 10^2 \text{ g}$   
 b Bereken eerst de molaire massa van MTBE.  
 De molaire massa van  $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$  is  $88,15 \text{ g mol}^{-1}$ . Dan is de concentratie  $1,1 \cdot 10^2 : 88,15 = 1,3 \text{ mol L}^{-1}$

- 19 a Zoek in het register van Binas in welke tabel je de dichtheid van vloeistoffen kunt vinden.  
 Benzine:  $0,72 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$  en bio-ethanol:  $0,80 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ .  
 Dat is respectievelijk  $0,72 \text{ g cm}^{-3}$  en  $0,80 \text{ g cm}^{-3}$ .  
 b Wat betekent 15 volumeprocent?  
 $1,00 \text{ liter mengsel bevat } 0,15 \text{ liter benzine}$ . Dat is  $1,5 \cdot 10^2 \text{ cm}^3 \text{ benzine}$ . Dit komt overeen met  $1,5 \cdot 10^2 \times 0,72 = 1,08 \cdot 10^2 \text{ g benzine}$ . De molaire massa van benzine is  $114,2 \text{ g mol}^{-1}$ . Dat komt overeen met  $1,08 \cdot 10^2 : 114,2 = 0,95 \text{ mol}$ .  
 De concentratie is dan  $0,95 \text{ mol L}^{-1}$ .

- 20 Wat betekent ppb?  
 $951 \text{ ppb}$  betekent  $951 \text{ m}^3$  pentaan in  $10^6 \text{ m}^3$  gasmengsel. Dus er is  $951 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$  pentaan in  $1,00 \text{ m}^3$  gasmengsel. Dat is  $0,951 \text{ dm}^3$  in  $1,00 \text{ m}^3$  gasmengsel.  
 Het molair volume van een gas is  $24,5 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ . Er is dan  $0,951 : 24,5 = 3,88 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$  per  $\text{m}^3$  gasmengsel.

- 21 a 'M' staat voor molariteit.  
 $2,5 \text{ M}$  betekent dat de concentratie (molariteit) van de glucose-oplossing  $2,5 \text{ mol L}^{-1}$  is.  
 $250 \text{ mL}$  van die oplossing bevat dan

- b De aanduiding  $2,5 \text{ M}$  op het etiket hoeft natuurlijk niet aangepast te worden.  $2,5 \text{ M}$  geeft de concentratie aan en door het uitschenken verandert de concentratie van een oplossing natuurlijk niet.

#### 4.4 Rekenen met reactievergelijkingen

22 –

- 23 a  $\text{CH}_4(\text{g}) + 2 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$   
 b Werk volgens het stappenplan!  
 Antwoord:  $0,91 \text{ m}^3 \text{ CH}_4$   
 Stap 1: zie a  
 Stap 2: gegeven:  $\text{CO}_2$ ; gevraagd:  $\text{CH}_4$   
 Stap 3:  $1 \text{ mol CH}_4$  levert  $1 \text{ mol CO}_2$  op.  
 Stap 4:  $1,8 \cdot 10^3 \text{ g CO}_2$  komt overeen met  $1,8 \cdot 10^3 : 44,01 = 40,8997 \text{ mol CO}_2$ .  
 Stap 5: Dat ontstaat bij verbranding uit  $40,8997 \text{ mol CH}_4$ .  
 Stap 6: Het molair volume van een gas is (bij  $T = 273 \text{ K}$  en  $p_0$ )  $2,24 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$  (zie Binas tabel 7).  
 Dus  $40,8997 \text{ mol CH}_4(\text{g})$  komt overeen met  $40,8997 \times 2,24 \cdot 10^{-2} = 0,91 \text{ m}^3 \text{ CH}_4$ .  
 Stap 7: je moet je antwoord geven in twee significante cijfers.  
 c  $1,00 \text{ m}^3$  aardgas bevat  $0,91 \text{ m}^3$  methaan.  
 Aardgas bevat dus  $91 \text{ vol\%}$  methaan.

- 24 a C: verbranding  
 b  $\text{FeTiO}_3(\text{s}) + 6 \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 3 \text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{Fe}(\text{s}) + \text{Ti}(\text{s})$   
 c Antwoord:  $4,95 \text{ kg ilmeniet}$   
 Stap 1: uit  $1,00 \text{ mol FeTiO}_3$  kan uiteindelijk  $1,5 \text{ mol O}_2$  ontstaan.  
 Stap 2: gegeven: zuurstof; gevraagd: ilmeniet  
 Stap 3:  $1,5 : 1$   
 Stap 4: het molair volume van een gas is bij  $T = 298 \text{ K}$  en  $p_0$  gelijk aan  $2,45 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$  (zie Binas tabel 7).  
 $1200 \text{ dm}^3 \text{ O}_2(\text{g})$  komt overeen met  $1,200 \text{ m}^3$ . Er is  $1,200 : 2,45 \cdot 10^{-2} = 48,98 \text{ mol O}_2$  nodig. Dat ontstaat uit  $32,65 \text{ mol FeTiO}_3$ .  
 Stap 5: de molaire massa van  $\text{FeTiO}_3$  is  $55,85 + 47,90 + 3 \times 16,00 = 151,8 \text{ g mol}^{-1}$ .  
 Er is dan per dag  $151,8 \times 32,65 = 4,957 \cdot 10^3 \text{ g FeTiO}_3$  nodig.  
 Stap 6: dat is  $4,957 \text{ kg}$ .  
 Stap 7: de coëfficiënten uit de reactievergelijking (1 en 1,5) zijn telwaarden.  
 Het gegeven  $1200 \text{ dm}^3$  staat in 4 significante cijfers. Je mag het antwoord in 4 significante cijfers opgeven:  $4,957 \text{ kg}$ .

- 25 a  $2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) + 2 \text{Na}_2\text{CO}_3(\text{s}) \rightarrow 2 \text{CO}_2(\text{g}) + 2 \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s})$   
 b Stap 4: de molaire massa van  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  is  $142,0 \text{ g mol}^{-1}$ .  
 $24,3 \text{ g Na}_2\text{SO}_4$  komt overeen met  $24,3 : 142,0 = 0,171 \text{ mol Na}_2\text{SO}_4$ .  
 Stap 5: dat komt overeen met  $0,171 \text{ mol S}$ . Dit is  $0,171 \times 32,06 = 5,49 \text{ g S}$ . Dat zat in  $250 \text{ g steenkool}$ .  
 Stap 6: er is  $4 \times 5,49 = 21,9 \text{ g S}$  per  $\text{kg steenkool}$ .  
 Stap 7: het antwoord mag in 3 significante cijfers opgegeven worden:  $21,9 \text{ g}$ .



- 26 a De massa van 110 L benzine (dichtheid is  $0,72 \text{ kg L}^{-1}$ ) is  $0,72 \times 110 = 79,2 \text{ kg}$ .  
 Voor de heen en terugreis gebruik je dus  $2 \times 79,2 = 158,4 \text{ kg} = (\text{afgerond}) 1,6 \cdot 10^5 \text{ g}$ .  
 b  $2 \text{ C}_8\text{H}_{18}(\text{l}) + 25 \text{ O}_2(\text{g}) \rightarrow 16 \text{ CO}_2(\text{g}) + 18 \text{ H}_2\text{O}(\text{l})$   
 c  $1,6 \cdot 10^5 \text{ g}$  benzine (molaire massa is  $114,2 \text{ g mol}^{-1}$ ) komt overeen met  $(158,4 : 114,2) = 1,39 \cdot 10^3 \text{ mol C}_8\text{H}_{18}$ .  
 Daaruit ontstaat  $8 \times 1,39 \cdot 10^3 = 1,11 \cdot 10^4 \text{ mol CO}_2$ .  
 Dus  $1,11 \cdot 10^4 \times 44,01 = 4,9 \cdot 10^5 \text{ g}$ .  
 d fotosynthese  
 e  $6 \text{ CO}_2(\text{g}) + 6 \text{ H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s}) + 6 \text{ O}_2(\text{g})$   
 f  $1,11 \cdot 10^4 \text{ mol CO}_2$  komt overeen met  $1,11 \cdot 10^4 : 6 = 1,85 \cdot 10^3 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ . De molaire massa van  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  is  $180,2 \text{ g mol}^{-1}$ .  
 Er kan dus  $1,85 \cdot 10^3 \times 180,2 = 3,3 \cdot 10^5 \text{ g} = 3,3 \cdot 10^2 \text{ kg C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  ontstaan.

- 27 a  $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$   
 b Antwoord C: Thermolyse  
 c  $150 \text{ kg CaO}$  (molaire massa  $56,08 \text{ g mol}^{-1}$ ) komt overeen met  $2,67 \cdot 10^3 \text{ mol CaO}$ .  
 Er is dan ook  $2,67 \cdot 10^3 \text{ mol CaCO}_3$  nodig.  
 Dat komt overeen met  $2,67 \cdot 10^3 \times 100,1 = 2,68 \cdot 10^5 \text{ g} = 268 \text{ kg CaCO}_3$ .  
 d Schelpen bestaan voor 93,6% uit  $\text{CaCO}_3$ . Er is dan  $268 : 93,6 \times 100 = 286 \text{ kg}$  schelpen nodig en  $2,67 \cdot 10^3 \text{ mol CaO}$  komt overeen met  $2,67 \cdot 10^3 \text{ mol CO}_2$ . Het molaire volume van een gas is bij de heersende omstandigheden  $24,5 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$  (zie tabel 7 van Binas).  
 Er ontstaat dus  $2,67 \cdot 10^3 \times 24,5 = 6,56 \cdot 10^4 \text{ dm}^3 \text{ CO}_2(\text{g})$ .

- 28 a *Ga na in welke verhouding in mol ijzer en koolstofmono-oxide bij reactie 2 betrokken zijn. Daarna kun je met behulp van reactie 1 afleiden in welke verhouding in mol ijzer en koolstof 'reageren'. 1000 kg Fe komt overeen met  $1000 : 55,85 = 17,91 \text{ kmol Fe}$ . Daarvoor is nodig  $1,5 \times 17,91 = 26,86 \text{ kmol CO}$ . Dat ontstaat uit  $26,86 \text{ kmol C}$ . Dus  $26,86 \times 12,01 = 322,6 \text{ kg koolstof}$ .*  
 b *Geef eerst de reactievergelijking van ijzer(III)oxide met koolstof waarbij onder andere koolstofdioxide ontstaat.*  
 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3 \text{ C} \rightarrow 2 \text{ Fe} + 3 \text{ CO}_2$   
 Voor  $17,91 \text{ kmol Fe}$  is dus  $1,5 \times 17,91 = 26,86 \text{ kmol C}$  nodig.  
 Dus  $26,86 \times 12,01 = 322,6 \text{ kg koolstof}$ .

## 4.5 Toepassing

### Bloedarmoede

- 1  $230 \text{ mg FeSO}_4$  (molaire massa  $151,9 \text{ g mol}^{-1}$ ) komt overeen met  $230 : 151,9 = 1,51 \text{ mmol FeSO}_4$ . Daarin is dan ook  $1,51 \text{ mmol Fe}$  aanwezig. Dat komt overeen met  $1,51 \times 55,85 = 84,6 \text{ mg Fe}$ . Klopt redelijk.  
 2 Massa% Fe in  $\text{FeCl}_2$  is:  
 $(55,85 : 126,8) \times 100\% = 44,0\%$   
 Massa% Fe in  $\text{FeSO}_4$  is:  
 $(55,85 : 151,9) \times 100\% = 36,8\%$   
 In  $\text{FeCl}_2$  zit dus per gram meer ijzer dan in  $\text{FeSO}_4$ .

### Brandstoffen

- 3  $\text{C}_7\text{H}_{16}(\text{l}) + 11 \text{ O}_2(\text{g}) \rightarrow 7 \text{ CO}_2(\text{g}) + 8 \text{ H}_2\text{O}(\text{l})$

- 4  $1,00 \text{ g}$  heptaan (molaire massa  $100,2 \text{ g mol}^{-1}$ ) komt overeen met  $9,98 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$  heptaan. Dan is  $11 \times 9,98 \cdot 10^{-3} = 0,110 \text{ mol}$  zuurstof nodig.  
 5 Het molair volume van een gas bij  $298 \text{ K}$  is  $24,5 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ . Er is dan  $0,110 \times 24,5 = 2,69 \text{ dm}^3$  zuurstof nodig. Dat komt voor in  $2,69 \times (100 : 21) = 12,8 \text{ dm}^3$  lucht.  
 6  $9,98 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$  heptaan levert  $7 \times 9,98 \cdot 10^{-3} = 6,99 \cdot 10^{-2} \text{ mol CO}_2$  (molaire massa  $44,01 \text{ g mol}^{-1}$ ). Er ontstaat dan  $3,07 \text{ g CO}_2$ .  
 7 *Stel het molair volume van een gas bij de omstandigheden in de motor op  $V \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ .*  
 Dan komt  $9,98 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$  heptaan overeen met  $9,98 \cdot 10^{-3} \times V \text{ dm}^3$  heptaan. Dan is er  $0,110 \times V \times (100 : 21) = 0,524 \text{ dm}^3$  lucht nodig (zie antwoord 4 en 5). De verhouding is dan: heptaan : lucht =  $9,98 \cdot 10^{-3} : 0,524 = 9,98 : 524 = 1,00 : 52,5$  (dus ongeveer 1 : 50).

### Bakpoeder

- 8 Bij verhitten ontstaat een gas. Dat 'blaast' het deeg op.  
 9  $1,7 \text{ g NaHCO}_3$  (molaire massa  $84,01 \text{ g mol}^{-1}$ ) komt overeen met  $2,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol NaHCO}_3$ .  
 Er ontstaat dan  $1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol CO}_2$ . Het molair volume van een gas bij  $298 \text{ K}$  is  $24,5 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ .  
 Dus ontstaat  $2,5 \cdot 10^2 \text{ cm}^3 \text{ CO}_2(\text{g})$ .

### Waterstofopslag

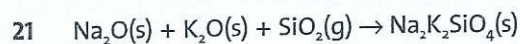
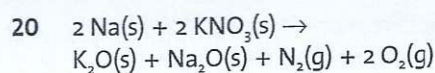
- 10  $2 \text{ H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{O}(\text{l})$   
 11 Het reactieproduct is water en geen broeikasgas als  $\text{CO}_2(\text{g})$ .  
 12 De molaire massa van  $\text{MgH}_2$  is  $26,33 \text{ g mol}^{-1}$ . In  $1,000 \text{ mol MgH}_2$  komt  $1,000 \text{ mol H}_2$  voor. Dat heeft een massa van  $2,016 \text{ g}$ .  
 Het massa% waterstof is dan  $(2,016 : 26,33) \times 100 = 7,66 \text{ massa\%}$ .  
 13  $1,00 \text{ cm}^3 \text{ Mg}$  is  $1,74 \text{ g Mg}$ . Dat komt overeen met  $7,16 \cdot 10^{-2} \text{ mol Mg}$ . Hierin kan dan ook  $7,16 \cdot 10^{-2} \text{ mol H}_2$  worden opgeslagen.  
 14  $1,00 \text{ cm}^3 \text{ H}_2(\text{l})$  is  $7,0 \cdot 10^{-2} \text{ g H}_2(\text{l})$ . Dat komt overeen met  $3,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol H}_2$ .

- 15 De bewering klopt!

### De chemie van een airbag

- 16  $\text{N}_3^-$   
 17 Het atoomnummer van N is 7. Per atoom zijn er dan 7 elektronen. In totaal bevat het  $\text{N}_3^-$  ion dan  $3 \times 7 + 1 = 22$  elektronen.  
 18  $2 \text{ NaN}_3(\text{s}) \rightarrow 2 \text{ Na}(\text{s}) + 3 \text{ N}_2(\text{g})$   
 19 Natrium reageert heel heftig met water.



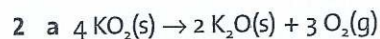


22 60 g  $\text{NaN}_3$  (molaire massa 65,02 g mol<sup>-1</sup>) komt overeen met 0,923 mol  $\text{NaN}_3$ . Er ontstaat dan  $1,5 \times 0,923 = 1,38$  mol  $\text{N}_2\text{(g)}$ , dus  $1,38 \times 24 = 33$  dm<sup>3</sup>  $\text{N}_2\text{(g)}$ .

23 Uit 0,92 mol  $\text{NaN}_3$  ontstaat uiteindelijk 0,923 : 2 = 0,4615 mol  $\text{Na}_2\text{K}_2\text{SiO}_4$ ; hiervan is de molaire massa 216,3 g mol<sup>-1</sup>. Er ontstaat dan  $0,4615 \times 216,3 = 1,0 \cdot 10^2$  g  $\text{Na}_2\text{K}_2\text{SiO}_4\text{(s)}$ .

### Voorbeeldproefwerk

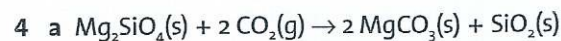
1  $1,8 \cdot 10^3$  m<sup>3</sup> aardgas bevat  $0,86 \times 1,8 \cdot 10^3 = 1,5 \cdot 10^3$  m<sup>3</sup> methaan.  
 De reactievergelijking voor de verbranding van methaan is:  
 $\text{CH}_4\text{(g)} + 2 \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow \text{CO}_2\text{(g)} + 2 \text{H}_2\text{O(l)}$   
 Dus uit 1,00 mol  $\text{CH}_4$  ontstaat ook 1,00 mol  $\text{CO}_2$ . Het molair volume van een gas geeft aan dat 1,00 mol van een gas (zelfde  $p$  en  $T$ ) hetzelfde volume hebben. Er ontstaat dus net zoveel m<sup>3</sup>  $\text{CO}_2\text{(g)}$  als er  $\text{CH}_4\text{(g)}$  verbrand wordt:  $1,5 \cdot 10^3$  m<sup>3</sup>.



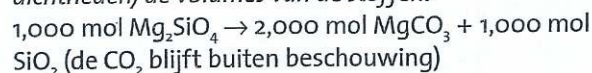
b 1,5 kg  $\text{O}_2\text{(g)}$  per dag is in 30 dagen 45 kg  $\text{O}_2\text{(g)}$ ; dat komt overeen met  $45 : 32,0 = 1,4$  kmol  $\text{O}_2\text{(g)}$ . Daarvoor is nodig  $1,4 : (3 \times 4) = 1,875$  kmol  $\text{KO}_2\text{(s)}$ . De molaire massa hiervan is 71,10 g mol<sup>-1</sup>. Dus is nodig  $71,10 \times 1,875 = 1,3 \cdot 10^2$  kg  $\text{KO}_2\text{(s)}$ .

c Uit 1,875 kmol  $\text{KO}_2\text{(s)}$  ontstaat 0,94 kmol  $\text{K}_2\text{O}$ . Dit kan 0,94 kmol  $\text{CO}_2$  binden. Het molair volume van een gas is bij deze omstandigheden 24,5 dm<sup>3</sup> mol<sup>-1</sup>. Er kan dan  $0,94 \times 24,5 = 23$  dm<sup>3</sup>  $\text{CO}_2\text{(g)}$  gebonden worden.

3 Er is  $120 \cdot 10^9$  liter verontreinigd water. Per liter bevat dat  $3,0 \cdot 10^{-3}$  mol  $\text{Cu}^{2+}\text{(aq)}$ . Dat betekent dat er  $120 \cdot 10^9 \times 3,0 \cdot 10^{-3} = 3,6 \cdot 10^8$  mol  $\text{Cu}^{2+}$  in de Berkely Pit aanwezig is. Dat is  $2,3 \cdot 10^{10}$  g  $\text{Cu}^{2+}$  en dus  $2,3 \cdot 10^7$  kg.



b Ga uit van 1,000 mol olivijn. Bereken vervolgens de massa van de stoffen en daaruit (met behulp van de dichtheden) de volumes van de stoffen.



$140,7 \text{ g} \rightarrow 168,6 \text{ g} + 60,09 \text{ g}$

$43,0 \text{ cm}^3 \rightarrow 51 \text{ cm}^3 + 22,7 \text{ cm}^3$

Het volume na de reactie is  $51 + 22,7 = 73,7$  cm<sup>3</sup>. Het volume wordt dan  $73,7 : 43,0 = 1,7 \times$  zo groot.

c Eén miljoen ton koolstofdioxide is  $1,0 \cdot 10^6 \times 1,0 \cdot 10^3 = 1,0 \cdot 10^9$  kg  $\text{CO}_2$ . De molaire massa van  $\text{CO}_2$  is 44,01 g mol<sup>-1</sup>.

Dus  $1,0 \cdot 10^9 : 44,01 = 2,27 \cdot 10^7$  kmol  $\text{CO}_2$ .

Om dit te binden is  $2,27 \cdot 10^7 : 2 = 1,14 \cdot 10^7$  kmol  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4\text{(s)}$  nodig. De molaire massa hiervan is 140,7 g mol<sup>-1</sup>.

Er is dan  $140,7 \times 1,14 \cdot 10^7 = 1,6 \cdot 10^9$  kg olivijn nodig. Dat is 1,6 miljoen ton.

5 a Er is 0,600 L oplossing die 0,103 mol  $\text{I}_2\text{(aq)}$  per liter bevat. Er is dan  $0,600 \times 0,103 = 7,80 \cdot 10^{-2}$  mol  $\text{I}_2\text{(aq)}$  aanwezig.

b Het gasmengsel bevat 20,0 mg  $\text{H}_2\text{S(g)}$  per m<sup>3</sup>. De molaire massa van  $\text{H}_2\text{S}$  is 34,08 g mol<sup>-1</sup>.

Er is dan  $20,0 \cdot 10^{-3} : 34,08 = 5,87 \cdot 10^{-4}$  mol  $\text{H}_2\text{S}$  per m<sup>3</sup> gasmengsel aanwezig.

Je kunt in totaal  $7,80 \cdot 10^{-2}$  mol  $\text{H}_2\text{S}$  laten reageren.

Dat betekent dat je  $7,80 \cdot 10^{-2} : 5,87 \cdot 10^{-4} = 1,3 \cdot 10^2$  m<sup>3</sup> gas kunt reinigen.