

# Chemisch rekenen

versie 23-11-2023

Je kunt bij een onderwerp komen door op de gewenste rubriek in de inhoud te klikken.

Wil je vanuit een rubriek terug naar de inhoud, klik dan op de tekst van de rubriek waar je bent.

Gewoon scrollen gaat natuurlijk ook.

Achter sommige opgaven staat tussen haakjes extra informatie over aspecten die ook in betreffende opgave voorkomen.

[Antwoorden zijn onder de vragen in blauw weergegeven.](#)

## Inhoud

Omrekenen volume $\leftrightarrow$ massa $\leftrightarrow$ mol $\leftrightarrow$ volume (bovenbouw) .....	2
Bepaling verhoudings- en molecuulformules (bovenbouw) .....	5
Rekenen aan reacties (bovenbouw).....	7

## Omrekenen volume ↔ massa ↔ mol ↔ volume (bovenbouw)

### Opgave 1

- Bereken de massa van  $2,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$  koolstofdioxide.  
(tabel 12)  $\rho(\text{CO}_2) = 1,986 \text{ kg/m}^3 = 1,986 \text{ g/dm}^3$  en volume  $= 2,3 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 2,3 \text{ dm}^3$   
massa  $= 1,986 \text{ g/dm}^3 \times 2,3 \text{ dm}^3 = 4,6 \text{ g}$
- Bereken hoeveel mol  $2,34 \text{ cm}^3$  kwik is.  
(tabel 40)  $\rho(\text{Hg}) = 13,546 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 = 13,546 \text{ g/cm}^3$   $M_{\text{Hg}} = 200,6 \text{ g/mol}$   
massa  $= 2,34 \text{ cm}^3 \times 13,546 \text{ g/cm}^3 = 31,698 \text{ g}$  en aantal mol  $= 31,698 \text{ g} : M_{\text{Hg}} = 31,698 \text{ g} : 200,6 \text{ g/mol} = 0,158 \text{ mol}$
- Bereken hoeveel  $\text{dm}^3$  gas  $0,0045 \text{ mol}$  ethaan is.  
 $\rho(\text{ethaan}) = 1,36 \text{ kg/m}^3 = 1,36 \text{ g/dm}^3$  en  $M_{\text{ethaan}} = (2 \times 12,01 + 6 \times 1,01) \text{ g/mol} = 30,08 \text{ g/mol}$   
massa  $= 0,0045 \text{ mol} \times 30,08 \text{ g/mol} = 0,13536 \text{ g}$   
volume  $= 0,13536 \text{ g} : 1,36 \text{ g/dm}^3 = 0,09929 = 9,9 \cdot 10^{-2} \text{ dm}^3$
- Er ontsnapt bij een experiment  $0,0123 \text{ mol}$  benzeen in een ruimte van  $3,5 \text{ m}$  lang,  $2,1 \text{ m}$  hoog en  $1,7 \text{ m}$  breed. Bereken of de MAC-waarde van benzeen wordt overschreden.  
MAC-waarde is  $7,5 \text{ mg/m}^3$  (tabel 97).  $0,0123 \text{ mol}$  benzeen is  $0,0123 \text{ mol} \times 78,12 \text{ gram/mol} = 0,9609 \text{ g} = 960,9 \text{ mg}$ . Ruimte is  $3,5 \times 2,1 \times 1,7 = 12,495 \text{ m}^3$  Per kubieke meter aanwezig:  
 $960,9 \text{ mg} / 12,495 \text{ m}^3 = 76,9 \text{ mg/m}^3$ . De MAC-waarde wordt dus overschreden.
- Bereken hoeveel  $\text{mg}$   $0,0023 \text{ mol}$  koperfosfaat weegt.  
 $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$ :  $1 \text{ mol} = 3 \times 63,55 + 2 \times 30,97 + 8 \times 16,00 = 380,65 \text{ g/mol}$   
 $0,0023 \text{ mol}$  weegt  $0,0023 \times 380,65 \text{ g/mol} = 0,88 \text{ g} = 8,8 \cdot 10^2 \text{ mg}$
- Bereken het massapercentage stikstof in ijzer(II)nitraat.  
 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ :  $1 \text{ mol}$  weegt  $55,85 + 2 \times 14,01 + 6 \times 16,00 = 179,86 \text{ g}$ .  
Massa %  $= 2 \times 14,01 / 179,86 \times 100\% = 15,6\%$
- Bereken hoeveel mol  $97,60 \text{ gram}$  natriumfosfaat is.  
 $M(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 163,94 \text{ g/mol}$ . Aantal mol  $= 97,60 \text{ g} : 163,94 \text{ g/mol} = 0,5953 \text{ mol}$
- Bereken hoeveel  $\text{cm}^3$   $0,460 \text{ kg}$  zwaveldioxide is.  
 $\rho(\text{SO}_2) = 2,93 \text{ kg/m}^3 = 2,93 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$   
 $0,460 \text{ kg} = 460 \text{ g}$   $\text{SO}_2 \stackrel{\Delta}{=} 460 \text{ g} : 2,93 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3 = 1,57 \times 10^5 \text{ cm}^3$
- Bereken hoeveel gram  $6,30 \text{ dm}^3$  stikstof is.  
 $\rho(\text{N}_2) = 1,25 \text{ kg/m}^3 = 1,25 \text{ g/dm}^3$   
 $6,30 \text{ dm}^3 \times 1,25 \text{ g/dm}^3 = 7,88 \text{ g}$
- Bereken hoeveel gram  $0,056 \text{ mol}$  aluminiumcarbonaat is.  
 $M(\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3) = 233,99 \text{ g/mol}$   $0,056 \text{ mol} = 0,056 \times 233,99 \text{ g/mol} = 13 \text{ g}$
- Bereken hoeveel mol  $5,30 \text{ km}^3$  methaangas is.  
 $\rho(\text{CH}_4) = 0,72 \text{ kg/m}^3$   $M(\text{CH}_4) = 16,042 \text{ g/mol}$   
 $5,30 \text{ km}^3 = 5,30 \times 10^9 \text{ m}^3$  massa  $= 5,30 \times 10^9 \text{ m}^3 \times 0,72 \text{ kg/m}^3 = 3,816 \times 10^9 \text{ g}$   
aantal mol  $= 3,816 \times 10^9 \text{ g} : 16,042 \text{ g/mol} = 2,4 \times 10^8 \text{ mol}$
- Bereken hoeveel  $\text{dm}^3$   $0,046 \text{ mol}$  stikstof is.  
 $\rho(\text{N}_2) = 1,25 \text{ kg/m}^3 = 1,25 \text{ g/dm}^3$   $M(\text{N}_2) = 28,02 \text{ g/mol}$   
massa  $= 0,046 \text{ mol} \times 28,02 \text{ g/mol} = 1,28892 \text{ g}$  volume  $= 1,28892 \text{ g} : 1,25 \text{ g/dm}^3 = 1,0 \text{ dm}^3$
- Bereken hoeveel gram  $3,03 \text{ mmol}$  ijzer(III)nitraat is  
 $M(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = 55,85 + 3 \times 14,01 + 9 \times 16,00 = 241,88 \text{ g/mol}$   
massa  $= 3,03 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 241,88 \text{ g/mol} = 0,733 \text{ g}$
- Bereken wat het volume, in  $\text{cm}^3$ , van  $1,34 \text{ mol}$  methanol is.  
 $\rho_{\text{methanol}} = 0,79 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 = 0,79 \times 10^3 \times 10^3 \text{ g/10}^6 \text{ cm}^3 = 0,79 \text{ g/cm}^3$   
 $M(\text{CH}_3\text{OH}) = 32,04 \text{ g/mol}$   
massa  $= 1,34 \text{ mol} \times 32,04 \text{ g/mol} = 42,9336 \text{ g}$  volume  $= 42,9336 \text{ g} : 0,79 \text{ g/cm}^3 = 54,3 \text{ cm}^3$

## Opgave 2

In 1,60 liter water is 26,00 gram  $\text{H}_2\text{SO}_3$  zwaveligzuur opgelost.

- 1 Bereken hoeveel mol zwaveligzuur 1,00 liter van deze oplossing bevat.  
 $M(\text{H}_2\text{SO}_3) = 2 \times 1,008 + 32,06 + 3 \times 16,00 = 82,076 \text{ g/mol}$   
 $26,00 \text{ g} / 1,60 \text{ L} = 16,25 \text{ g/L} = 16,25 \text{ g/L} : 82,076 \text{ g/mol} = 0,200 \text{ mol/L}$
- 2 Bereken hoeveel mmol zwaveligzuur is opgelost in 40,00 ml van deze zwaveligzuuroplossing.  
 $0,200 \text{ mol/L} = 0,200 \text{ mmol/mL}$ ,  
dus in 40 mL opgelost:  $40,00 \text{ mL} \times 0,200 \text{ mmol/mL} = 8,00 \text{ mmol}$
- 3 Bereken wat het massapercentage zwavel in zwavelzuur is.  
 $\text{massa \% S} = \text{massa S} : \text{massa } \text{H}_2\text{SO}_3 \times 100\% = 32,06 \text{ g/mol} : 82,076 \text{ g/mol} \times 100\% = 39,06\%$

## Opgave 3

Geconcentreerd zoutzuur bevat 36,0 massa % HCl. De dichtheid van deze oplossing is  $1,18 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$ .

- 1 Bereken hoeveel gram HCl(g) is opgelost in 600 mL geconcentreerd zoutzuur.  
Uit  $\rho$  volgt dat 1 L oplossing  $1,18 \cdot 10^3 \text{ g}$  weegt. De hoeveelheid HCl hierin =  $0,36 \times 1,18 \cdot 10^3 \text{ g} = 424,8 \text{ g}$ , dus 600 mL bevat  $0,600 \times 424,8 \text{ g} = 255 \text{ g HCl(g)}$
- 2 Bereken hoeveel mol HCl(g) 1 L geconcentreerd zoutzuur bevat.  
 $424,8 \text{ g/L} : 36,461 \text{ g/mol} = 11,7 \text{ mol/L}$   
Een T.O.A. wil een voorraadje van 5,0 L zoutzuur met een concentratie van  $2,0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  maken.
- 3 Bereken hoeveel L geconcentreerd zoutzuur hij hiervoor nodig heeft.  
Hoeveelheid na verdunnen = hoeveelheid voor verdunnen  
 $5,0 \text{ L} \times 2,0 \text{ mol/L} = 11,7 \text{ mol/L} \times x \text{ L} \rightarrow x = (5,0 \text{ L} \times 2,0 \text{ mol/L}) : 11,7 \text{ mol/L} = 0,85 \text{ L}$  Hij heeft dus 0,85 L van de geconcentreerde oplossing nodig die hij moet aanvullen tot 5,0 L

## Opgave 4

- 1 Bereken hoeveel  $2,35 \text{ dm}^3$  zwaveldioxide bij  $T = 298 \text{ K}$  en  $p = p_0$  weegt.  
 $M(\text{SO}_2) = 64,06 \text{ g/mol}$  en  $V_M = 2,45 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3\cdot\text{mol}^{-1} = 24,5 \text{ dm}^3/\text{mol}$   
aantal mol =  $2,35 \text{ dm}^3 : 24,5 \text{ dm}^3/\text{mol} = 0,09592 \text{ mol}$   
 $0,09592 \text{ mol SO}_2$  weegt  $0,09592 \text{ mol} \times 64,06 \text{ g/mol} = 6,14 \text{ g}$
- 2 Bereken de massa van  $9,0 \text{ dm}^3$  koolstofdioxide gas bij omstandigheden waarbij  $1,00 \text{ dm}^3$  blauwzuurgas (= HCN) 1,28 gram weegt?  
 $M_{\text{HCN}} = 1,01 + 12,01 + 14,01 = 27,03 \text{ g/mol}$   
 $V_M = 27,03 \text{ g/mol} : 1,28 \text{ g/dm}^3 = 21,1 \text{ dm}^3/\text{mol}$   
 $9 \text{ dm}^3 : 21,1 \text{ dm}^3/\text{mol} = 0,427 \text{ mol}$  (1) massa =  $0,427 \text{ mol} \times 44,01 \text{ g/mol} = 18,8 \text{ g}$

## Opgave 5

Nagellakremover bestaat voor het grootste deel uit aceton,  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O(l)}$ .

Zoek de MAC-waarde van aceton (propanon) op en bereken hoeveel mol in een klaslokaal van  $8 \times 8 \times 3 \text{ m}^3$  aanwezig mag zijn.

MAC-waarde =  $1780 \text{ mg/m}^3$  en  $M_{\text{aceton}} = 3 \times 12,01 + 6 \times 1,01 + 16,00 = 58,09 \text{ g/mol}$   
Er mag aanwezig zijn:  $(8 \times 8 \times 3) \text{ m}^3 \times 1780 \cdot 10^{-3} \text{ g/m}^3 : 58,09 \text{ g/mol} = 341,76 \text{ g} : 58,09 \text{ g/mol} = 6 \text{ mol}$

## Opgave 6

In 600 mL van een geconcentreerde zoutzuuroplossing is 255 g HCl(g) opgelost.

- 1 Bereken hoeveel mol HCl 1,00 L van deze oplossing bevat.  
 $255 \text{ g HCl} / 600 \text{ mL} = 255 \text{ g} / 0,6 \text{ L} = 425 \text{ g/L} = 425 \text{ g} : 36,46 \text{ g/mol} = 11,5 \text{ mol}$
- 2 Bereken hoeveel mmol HCl is opgelost in 75,00 mL van deze HCl-oplossing.  
 $11,5 \text{ mol/L} = 11,5 \text{ mmol/mL}$ . Dus in 75,00 mL opgelost:  $75,00 \text{ mL} \times 11,5 \text{ mmol/mL} = 874 \text{ mmol}$

### Opgave 7

Onder bepaalde omstandigheden ( $p$ ,  $T$ ) weegt 1,00 L stikstof 0,800 g.

- 1 Bereken het volume van 1,00 mol stikstof bij deze  $p$  en  $T$ .

$$1,00 \text{ L N}_2 \hat{=} 0,800 \text{ g} : 28,02 \text{ g/mol} = 0,2856 \text{ mol N}_2 \rightarrow 1 \text{ mol N}_2 \hat{=} 1 \text{ L} : 0,2856 \text{ mol} = 35,0 \text{ L/mol}$$

- 2 Bereken de massa van 5,00 L CO<sub>2</sub>(g) bij deze  $p$  en  $T$ .

$$5,00 \text{ L CO}_2 \hat{=} 5,00 \text{ L} : 35,0 \text{ L/mol} = 0,1428 \text{ mol}$$
$$0,1428 \text{ mol} = 0,1428 \text{ mol} \times 44,01 \text{ g/mol} = 6,30 \text{ g CO}_2$$

### Opgave 8

Fosgeen (COCl<sub>2</sub>) is een strijdgas dat veel is gebruikt tijdens de Eerste Wereldoorlog. Het is een kleurloos gas dat zich langs de grond kan verspreiden, omdat de dichtheid groter is dan de dichtheid van lucht.

Bereken de dichtheid van fosgeen (in g dm<sup>-3</sup>) bij 15 °C en  $p = p_0$ . Onder deze omstandigheden heeft 1 mol fosgeen een volume van 23,6 L.

$$1 \text{ mol fosgeen} \hat{=} 98,91 \text{ g} \hat{=} 23,6 \text{ L}$$
$$\rho_{\text{fosgeen}} = 98,91 \text{ g} : 23,6 \text{ L} = 4,19 \text{ g/L}$$

### Opgave 9

Men brengt 25,0 mL chloroform op kooktemperatuur om het daarna te verdampen.

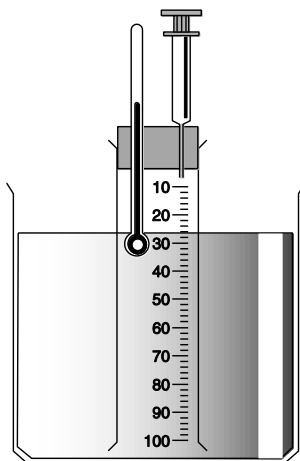
Bereken hoeveel chloroformdamp er onder standaard omstandigheden ( $p = p_0$  en  $T = 273 \text{ K}$ ) ontstaat.

In tabel 11 van BINAS vinden we dat  $\rho_{\text{chloroform}} = 1,49 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$  (= 1,49 g/mL) en dat het kookpunt 334 °C (= 61 °C) is.

$$25,0 \text{ mL chloroform(l)} \hat{=} 25,0 \text{ mL} \times 1,49 \text{ g/mL} = 37,25 \text{ g}$$
$$37,25 \text{ g chloroform} \hat{=} 37,25 \text{ g} : 119,37 \text{ g/mol} = 0,3121 \text{ mol}$$
$$0,3121 \text{ mol} \hat{=} 0,3121 \text{ mol} \times 22,4 \text{ L/mol} = 6,99 \text{ L}$$

### Opgave

Hans wil het volume bepalen van 1,00 mol acetondamp bij 60 °C. Daarvoor gebruikt hij de hieronder getekende opstelling.



De bak en de maatcilinder zijn gevuld met paraffineolie, die op een temperatuur van 60 °C gehouden wordt. De hoeveelheid paraffineolie die verdampt, kan verwaarloosd worden.

Hij brengt met behulp van een injectiespuit in de maatcilinder 0,125 g vloeibaar aceton, C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O(l). Alle aceton verdampt. Er ontstaat 58,9 cm<sup>3</sup> acetondamp.

- 1 Bereken uit deze gegevens het volume van 1,00 mol acetondamp bij 60 °C (in dm<sup>3</sup>).  
 1,00 mol C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O weegt 58,08 g, dus 0,125 g ≡ 2,15 · 10<sup>-3</sup> mol.  
 Het volume daarvan is 58,9 cm<sup>3</sup>, dus 1,00 mol heeft een volume van 58,9 · 10<sup>-3</sup> L : 2,15 · 10<sup>-3</sup> mol = 27,366 = 27,4 dm<sup>3</sup>.

- 2 Bereken uit het volume bij 60 °C ( $p = p_0$ ) het molaire volume bij 25 °C ( $p = p_0$ ).

$$\frac{p_0 \times 27,4}{333} = \frac{p_0 \times V_M}{298} \Rightarrow V = \frac{27,4 \times 298}{333} = 24,5 \text{ L}$$

Hans herhaalt de proef met een onbekende vloeistof X(l). Met het resultaat van de proef wil hij de molaire massa van stof X berekenen. De vloeistof geeft voor 0,115 g onder dezelfde omstandigheden een dampvolume van 71,4 cm<sup>3</sup>.

- 3 Leid af hoe groot het volume van 1,00 mol damp X(g) bij 60 °C is.  
 Bij gassen geldt dat in gelijke volumes ook een gelijk aantal mol aanwezig is: dus 1 mol gasvormig X heeft een volume van 27,4 dm<sup>3</sup>

- 4 Bereken de molaire massa van stof X.

Aantal mol stof X = 71,4 · 10<sup>-3</sup> L : 27,4 L/mol = 2,606 · 10<sup>-3</sup> mol stof X,  
 2,606 · 10<sup>-3</sup> mol X  $\hat{=}$  0,115 g, dus 1 mol X  $\hat{=}$  0,115 g / 2,606 · 10<sup>-3</sup> g/mol = 44,1 g.

Hans probeert op dezelfde manier ook de molaire massa van vloeistof Y(l) te bepalen. Dit blijkt echter geen resultaat te geven: het volume van de damp is nihil.

- 5 Geef daarvoor twee mogelijke oorzaken.

De damp lost op in paraffine. Het kookpunt van de stof ligt hoger dan 60 °C

## Bepaling verhoudings- en molecuulformules (bovenbouw)

### Opgave 1

Een koolwaterstof bevat 85,7 % koolstof.

- 1 Geef de verhoudingsformule van deze stof.

Stel je hebt 100 g verbinding, dan is:

aantal mol C : H = (85,7 g C : 12,01 g/mol) : (14,3 g H : 1,008 g/mol) = 7,136 : 14,187 = 7 : 2

verhoudingsformule is dan C<sub>7n</sub>H<sub>14n</sub>

De molecuulmassa van deze stof is 98 u.

- 2 Geef de molecuulformule van deze stof.

7n × 12,01 + 14n × 1,008 = 98      84,07n + 14,112n = 98      98,182 n = 98      n = 1

De molecuulformule is dus C<sub>7</sub>H<sub>14</sub>

### Opgave 2

Een stikstofoxide bevat 26 % stikstof.

Geef de molecuulformule van dit oxide

Stel 100 g oxide, dan is aantal N : O = 26/14,01 : 74/16,00 = 1,86 : 4,63 = 2 : 5

molecuulformule is dan N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

### Opgave 3

Een bepaalde koolwaterstof bevat 7,70 massa% waterstof.

- 1 Bepaal door berekening de verhoudingsformule van deze koolwaterstof.

Aantal atomen C : H = 92,3/12,01 : 7,7/1,01 = 1 : 1. De verhoudingsformule is: C<sub>1n</sub>H<sub>1n</sub>

4,00 gram van de damp van deze koolwaterstof neemt onder standaardomstandigheden een volume in van 1,15 L.

- 2 Bereken de molaire massa van deze koolwaterstof en bepaal de molecuulformule.  
 Aantal mol verbinding =  $1,15 \text{ L} : 22,4 \text{ L/mol} = 0,0513 \text{ mol}$   
 $0,0513 \text{ mol} \hat{=} 4,00 \text{ g} \rightarrow M(\text{C}_{1n}\text{H}_{1n}) = 4,00 \text{ g} : 0,0513 \text{ mol} = 77,91 \text{ g/mol}$   
 $12,01n + 1,01n = 77,91 \rightarrow n = 6 \rightarrow$  molecuulformule is:  $\text{C}_6\text{H}_6$

#### Opgave 4

Een koolwaterstof bestaat voor 85,6 massaprocent uit koolstof.

- 1 Bereken de verhoudingsformule van deze koolwaterstof.  
 aantal C-at. : aantal H-at. =  $85,6 \text{ u} / 12,01 \text{ u} : 14,4 \text{ u} / 1,01 \text{ u} = 7 : 14 = 1 : 2$   
 Verhoudingsformule is:  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ .  
 De molecuulmassa van deze koolwaterstof bedraagt 196,42 u.
- 2 Bepaal de molecuulformule.  
 $n \times 12,01 \text{ u} + 2n \times 1,01 \text{ u} = 196,42 \text{ u} \quad n = 194,42 / 14,03 = 14$  Molecuulformule is:  $\text{C}_{14}\text{H}_{28}$

#### Opgave 5

Als de gassen chloor en koolstofmonoxide met elkaar reageren, ontstaat het gas fosgeen. Uit deze reactie volgt dat fosgeen de elementen C, O en Cl bevat.

Om de formule van fosgeen te kunnen bepalen, wordt 1,0 gram van dit gas over een overmaat gloeiend ijzerpoeder geleid. De massa van dit ijzerpoeder neemt toe met 0,71 gram door de vorming van ijzer(III)chloride. Als gas blijft koolstofmonoxide over.

- 1 Waarom moet een overmaat ijzerpoeder bij deze proef worden gebruikt?  
 Anders is niet zeker of alle fosgeen reageert.
- 2 Leg uit dat er per gram fosgeen 0,71 gram van het element chloor moet zijn.  
 CO is een gas en ontwijkt. De massa toename van het Fe is dus toe te schrijven aan het uit het fosgeen vrijgekomen Cl.
- 3 Hoeveel gram koolstofmonoxide is na afloop van het experiment aanwezig?  
 Volgens de wet van massabehoud geldt: massa fosgeen – massa Cl = massa CO  
 $1 \text{ g} - 0,71 \text{ g} = 0,29 \text{ g CO}$
- 4 Leid af in welke verhouding C, Cl en O atomen voorkomen in een molecuul fosgeen.  
 $0,71 \text{ g Cl} / 35,45 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 20 \text{ mmol Cl}$ ;  $0,29 \text{ g CO} / 28,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \hat{=} 10,4 \text{ mmol C} \hat{=} 10,4 \text{ mmol O}$ , dus  
 $\text{C} : \text{O} : \text{Cl} = 10,4 : 10,4 : 20 = 1 : 1 : 2 \rightarrow \text{C}_n\text{O}_n\text{Cl}_{2n}$   
 Om 'de' molecuulformule van fosgeen af te leiden, is nog een gegeven nodig. 1,00 g Fosgeengas neemt bij 273 K en  $p = p^\circ$  een volume in van 0,226 dm<sup>3</sup>.
- 5 Bepaal de molecuulformule van fosgeen.  
 $0,226 \text{ dm}^3 / 22,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} = 0,010 \text{ mol} \hat{=} 1 \text{ g} \rightarrow 1 \text{ mol} \hat{=} 100 \text{ g} \rightarrow$   
 $n \cdot 12 + n \cdot 16 + 2n \cdot 35,45 = 100 \rightarrow n = 1$ , dus fosgeen is  $\text{COCl}_2$ .

#### Opgave 6

Een verbinding X die uitsluitend uit koolstof en waterstof bestaat, bevat 85,71 massa % koolstof.

- 1 Bepaal de verhoudingsformule van verbinding X.  
 Stel je hebt 100 g verbinding, dan is:  
 aantal mol C : H =  $(85,71 \text{ g C} : 12,01 \text{ g/mol}) : (14,3 \text{ g H} : 1,008 \text{ g/mol}) = 7,136 : 14,187 = 7 : 2$   
 verhoudingsformule is dan  $\text{C}_{7n}\text{H}_{14n} = \text{C}_n\text{H}_{2n}$   
 Onder de gegeven omstandigheden weegt 20,0 dm<sup>3</sup> stikstof 21,24 g.
- 2 Bereken hoe groot  $V_M$  onder deze omstandigheden is.  
 $21,24 \text{ g N}_2 \hat{=} 21,24 \text{ g} : 28,02 \text{ g/mol} = 0,7580 \text{ mol} \hat{=} 20,0 \text{ L} \rightarrow 1,000 \text{ mol} \hat{=} 20,0 : 0,7580 \text{ L} = 26,38 \text{ L}$   
 De dichtheid van de gasvormige verbinding is  $1,06 \text{ g dm}^{-3}$ .

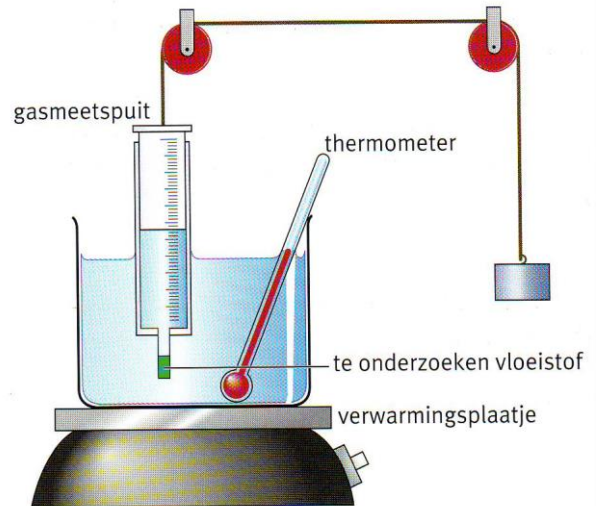
- 3 Bepaal de molecuulformule van verbinding X. (Als je  $V_M$  denkt nodig te hebben, maar niet hebt kunnen berekenen, gebruik dan  $V_M = 25,0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ ; dit is niet het goede antwoord op 2).  
 $M_x = 1,06 \text{ g/L} \times 26,38 \text{ L/mol} = 27,96 \text{ g/mol}$   
 $\text{dus } n \times 12,01 + 2n \times 1,01 = 27,96 \rightarrow n = 2$  dus de molecuulformule is  $\text{C}_2\text{H}_4$

### Opgave 7

Voor de bepaling van de molaire massa van een vloeistof met een laag kookpunt, is de nevenstaande opstelling gebouwd. De temperatuur van het water wordt op  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  gehouden.

In een klein reservoir is  $0,24 \text{ gram}$  van een te onderzoeken koolwaterstof gebracht.

De gasmeetspuit wordt in zijn geheel in het bekglas met het warme water gebracht. Hierdoor zal de vloeistof verdampen. Als alle vloeistof is verdamppt, wordt het gasvolume afgelezen. Dit blijkt  $80 \text{ cm}^3$  te zijn. Verder is gegeven dat het molaire volume onder deze omstandigheden  $29,0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$  is.



- Bereken hoeveel mol gas in de gasmeetspuit aanwezig is.  
 $\text{Aantal mol gas} = 80 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 : 29,0 \text{ dm}^3/\text{mol} = 2,76 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$
- Bereken de molaire massa van de onderzocht koolwaterstof.  
 $M = 0,24 \text{ g} : 2,76 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 87 \text{ g/mol}$
- Welk alkaan zou bij deze proef gebruikt kunnen zijn? Maak dit duidelijk via een berekening.  
 Algemene formule alkaan:  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2} \rightarrow n \times 12,01 \text{ u} + (2n + 2) \times 1,01 \text{ u} = 87 \text{ u}$   
 $12,01n + 2,02n + 2,02 = 87 \quad 14,03n = 87 - 2,02 \quad n = 6$   
 Het mogelijke alkaan is dus:  $\text{C}_6\text{H}_{14}$

## Rekenen aan reacties (bovenbouw)

### Opgave 1

Men wil uitgaande van aluminium en chloor aluminiumchloride maken. Men heeft  $20 \text{ dm}^3$  chloorgas bij standaardomstandigheden,  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  en  $1 \text{ atm}$ .

- Geef de reactievergelijking.  
 $2 \text{ Al(s)} + 3 \text{ Cl}_2\text{(g)} \rightarrow 2 \text{ AlCl}_3\text{(s)}$
- Hoeveel gram chloorgas heeft men.  
 $20 \text{ dm}^3 \text{ Cl}_2 / 22,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} = 0,8929 \text{ mol} = 0,8929 \cdot 70,90 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 63 \text{ g Cl}_2$   
 Men wil  $23,5 \text{ gram}$  aluminiumchloride maken.
- Hoeveel gram aluminium en hoeveel  $\text{dm}^3$  chloorgas heeft men nodig.  
 $1 \text{ mol AlCl}_3 \equiv 1 \text{ mol Al} \equiv 1,5 \text{ mol Cl}_2$   
 $23,5 \text{ g AlCl}_3 / (26,98 + 3 \cdot 35,45) \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0,176 \text{ mol AlCl}_3$   
 $0,176 \text{ mol AlCl}_3 \equiv 0,176 \text{ mol Al} \equiv 0,264 \text{ mol Cl}_2$   
 $0,176 \text{ mol Al} \times 26,98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 4,75 \text{ g Al}$   
 $0,264 \text{ mol Cl}_2 \times 22,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} = 5,91 \text{ dm}^3 \text{ Cl}_2$

### Opgave 2

Carla wil  $1,39 \text{ gram}$  loodchloride bereiden. Ze heeft de beschikking over  $0,100 \text{ M}$  loodnitraatoplossing en een  $0,100 \text{ M}$  natriumchlorideoplossing.

- Geef de vergelijking van de reactie die optreedt als beide oplossingen bij elkaar worden gevoegd.  

$$\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{Cl}^{-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{PbCl}_2(\text{s})$$
- Bereken hoeveel ml zij van elk van de beide oplossingen bij elkaar moet voegen om zonder verspilling van grondstoffen de gewenste hoeveelheid loodchloride te krijgen.  

$$1 \text{ mmol PbCl}_2 \equiv 1 \text{ mmol Pb(NO}_3)_2 \equiv 2 \text{ mmol NaCl}$$

$$1,39 \cdot 10^3 \text{ mg PbCl}_2 / (207,2 + 2 \cdot 35,45) = 5,00 \text{ mmol PbCl}_2$$

$$5,00 \text{ mmol PbCl}_2 \equiv 5,00 \text{ mmol Pb(NO}_3)_2 \equiv 10,0 \text{ mmol NaCl}$$

$$V_{\text{Pb(NO}_3)_2\text{-opl.}} = \frac{5,00 \text{ mmol}}{0,100 \text{ mmol/mL}} = 50,0 \text{ ml } 0,100 \text{ M Pb(NO}_3)_2\text{-oplossing}$$

$$V_{\text{NaCl-opl.}} = \frac{10,0 \text{ mmol}}{0,100 \text{ mmol/mL}} = 100 \text{ mL } 0,100 \text{ M NaCl-oplossing}$$

### Opgave 3

Het gehalte van koolstofdioxide in lucht is 0,035 volumeprocent. Neem aan dat de normale omstandigheden van 273 K en  $p = p_0$  gelden.

- Bereken het massapercentage van koolstofdioxide in lucht.  

$$\text{Volume CO}_2 = 0,00035 \times 1 \text{ L} = 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ L/L lucht. } \rho(\text{CO}_2) = 1,986 \text{ kg/m}^3 = 1,986 \text{ g/L}$$

$$\text{massa CO}_2 = 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ L} \times 1,986 \text{ g/L} = 6,951 \cdot 10^{-4} \text{ g/L lucht. } \rho(\text{lucht}) = 1,293 \text{ g/L}$$

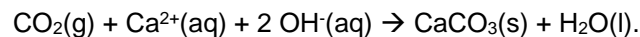
$$\text{massa-\% CO}_2 = 6,951 \cdot 10^{-4} \text{ g} : 1,293 \text{ g/L} \times 100\% = \underline{5,4 \cdot 10^{-2} \%}$$
- Bereken  $[\text{CO}_2(\text{g})]$  in mol  $\text{dm}^{-3}$ .  

$$\text{Volume CO}_2 = 0,00035 \times 1 \text{ L} = 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ L/L lucht} \rightarrow = 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ L} : 22,4 \text{ L/mol} = \underline{1,6 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}}$$
 of massa  

$$\text{CO}_2 = 6,951 \cdot 10^{-4} \text{ g/L lucht} \rightarrow \text{Aantal mol CO}_2 = 6,951 \cdot 10^{-4} \text{ g/L lucht} : 44,04 \text{ g/mol} = \underline{1,6 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}}$$

Uitgeademde lucht bevat veel meer koolstofdioxide.

Om te bepalen hoeveel daarin aanwezig is, blaast Janine 20  $\text{dm}^3$  uitgeademde lucht door een oplossing van calciumhydroxide. Alleen koolstofdioxide reageert:



Janine bepaalt vervolgens dat er 220 mg calciumcarbonaat is gevormd.

- Bereken het volumepercentage koolstofdioxide in de uitgeademde lucht ( $p = p_0$  en  $T = 298 \text{ K}$ ).  

$$1 \text{ mol CaCO}_3 \equiv 1 \text{ mol CO}_2 \rightarrow 220 \cdot 10^{-3} \text{ g} : 100,09 \text{ g/mol} = 2,20 \cdot 10^{-3} \text{ mol CaCO}_3 \equiv 2,20 \cdot 10^{-3} \text{ mol CO}_2$$

$$2,20 \cdot 10^{-3} \text{ mol CO}_2 \equiv 2,20 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \times 24,5 \text{ L/mol} = 5,39 \cdot 10^{-2} \text{ L in } 20 \text{ L uitgeademde lucht.}$$

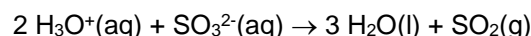
$$\text{Volume-\%} = 5,39 \cdot 10^{-2} \text{ L} : 20 \times 100\% = \underline{0,27 \%}$$

### Opgave 4

- Bij deze opgave geldt  $V_m = 24,0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ .  
 Als je waterstofchloride,  $\text{HCl}(\text{g})$ , in water oplost, krijg je een oplossing die we zoutzuur,  $\text{HCl}(\text{aq})$ , noemen.  
 Geconcentreerd zoutzuur bevat 36,0 massa-%  $\text{HCl}$ . De dichtheid van deze oplossing is  $1,18 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ .
  - Bereken de molariteit van deze oplossing.  

$$\text{Uit } \rho \text{ volgt dat } 1 \text{ L oplossing } 1,18 \cdot 10^3 \text{ g weegt. De hoeveelheid HCl hierin} = 0,36 \times 1,18 \cdot 10^3 \text{ g} = 424,8 \text{ g} \equiv 424,8 \text{ g} : 36,46 \text{ g/mol} = 11,7 \text{ mol}$$
 Dus is de molariteit van de oplossing  $11,7 \text{ M HCl}$
  - Bereken hoeveel liter waterstofchloride ( $p = p_0$  en  $T = 298 \text{ K}$ ) er in 1 L water moet worden opgelost om geconcentreerd zoutzuur (36,0 massa-%  $\text{HCl}$ ,  $\rho = 1,18 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) te verkrijgen.  

$$\text{Het aantal L HCl(g)} = 11,7 \text{ mol} \times 24,5 \text{ L/mol} = 285 \text{ L dat in } 1 \text{ L water kan worden opgelost.}$$
- Als je zoutzuur met een natriumsulfietoplossing laat reageren, ontstaat zwaveldioxide, volgens de vergelijking:



Een leraar wil met zijn klas een proef doen om te controleren of de verhouding in mol in deze reactievergelijking wel juist is. Groepjes leerlingen moeten volgens zijn aanwijzingen 25,0 ml 0,100 M natriumsulfietoplossing en 25,0 ml 0,250 M zoutzuur bij elkaar voegen.



- 4 Ga met behulp van een berekening na welke stof, waterstofchloride of natriumsulfiet bij het begin van deze proef in overmaat aanwezig is.

Uit de molverhouding volgt dat  $1 \text{ mol HCl} \hat{=} \frac{1}{2} \text{ mol Na}_2\text{SO}_3$

Toegevoegd  $25,0 \text{ mL} \times 0,250 \text{ mmol HCl/mL} = 6,25 \text{ mmol HCl}$

$6,25 \text{ mmol HCl} \hat{=} \frac{1}{2} \times 6,25 \text{ mmol Na}_2\text{SO}_3 = 3,125 \text{ mmol Na}_2\text{SO}_3$

Toegevoegd  $25,0 \text{ mL} \times 0,100 \text{ mmol/mL Na}_2\text{SO}_3 = 2,50 \text{ mmol}$

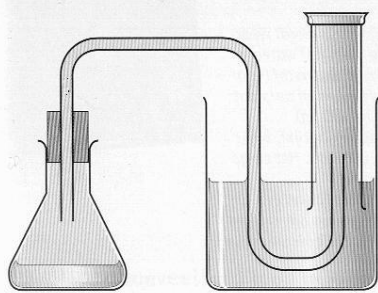
Dit is minder dan  $3,125 \text{ mmol}$  dus was HCl in overmaat aanwezig.

- 5 Bereken hoeveel  $\text{cm}^3$  zwaveldioxide bij deze proef maximaal kan ontstaan.

Uit de molverhouding volgt dat  $1 \text{ mol HCl} \hat{=} \frac{1}{2} \text{ mol SO}_2(\text{g})$

$6,25 \text{ mmol HCl} \hat{=} 3,125 \text{ mmol SO}_2(\text{g}) = 3,125 \cdot \text{mmol} \times 22,4 \text{ mL/mmol} = 70,0 \text{ mL SO}_2$

- 6 Teken de opstelling, die de leerlingen bij deze proef kunnen gebruiken.



De MAC-waarde van zwaveldioxide is  $13 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Het lokaal heeft de volgende afmetingen:  $7,20 \times 9,00 \times 3,60 \text{ m}$ . In het lokaal zijn 8 groepjes aan het werk. Deze voeren tijdens de les de proef allemaal één keer uit.

- 7 Bereken of tijdens deze proef in het lokaal de MAC-waarde van  $\text{SO}_2$  wordt overschreden.

Totaal ontstane hoeveelheid  $\text{SO}_2 = 8 \times 70,0 \text{ mL} = 560 \text{ mL} \hat{=} 560 \text{ mL} : 24,0 \text{ mL/mmol} =$

$23,33 \text{ mmol SO}_2 \hat{=} 23,33 \text{ mmol} \times 64,06 \text{ mg/mmol} = 1495 \text{ mg SO}_2 =$

$1495 \text{ mg} : (7,20 \times 9,00 \times 3,60 \text{ m}^3) = 6,4 \text{ mg/m}^3$

De MAC-waarde wordt niet overschreden.

## Opgave 5

Hard water is water dat veel calciumionen en/of magnesiumionen bevat. De hardheid hangt af van het aantal ionen dat per liter water aanwezig is. Welk soort ionen, calciumionen of magnesiumionen, is daarbij niet van belang.

Jeanine heeft een oplossing van calciumchloride en een oplossing van magnesiumchloride. Van beide zouten is evenveel gram per liter opgelost.

- 1 Beredeneer welke van beide oplossingen de grootste hardheid heeft.

Calciumionen hebben een grotere massa dan magnesiumionen, dus per gram zout is er meer mol magnesiumchloride opgelost dan calciumchloride. De magnesiumchloride-oplossing heeft dus een grotere hardheid dan de calciumchloride-oplossing.

In Den Haag bevat het leidingwater  $1,921 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$  calciumionen per liter. Er zijn geen magnesiumionen aanwezig. In een folder van het waterleidingbedrijf moet dit vermeld worden in Duitse hardheidsgraden, aangegeven als  $^\circ\text{D}$ .

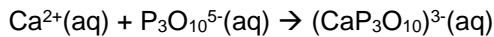
De hardheid is  $1 \text{ }^\circ\text{D}$  als het water  $7,1 \text{ mg Ca}^{2+}(\text{aq})$  bevat.

- 2 Bereken de hardheid van Haags leidingwater, uitgedrukt in  $^\circ\text{D}$ .

$1,921 \text{ mmol Ca}^{2+}(\text{aq}) \equiv 1,921 \text{ mmol} : 40,08 \text{ mg/mmol} = 76,99 \text{ mg Ca}^{2+}(\text{aq})$ . Dat levert een hardheid op van  $76,99 \text{ mg} : 7,1 \text{ mg} = 10,84 = 11 \text{ }^\circ\text{D}$

De aanwezigheid van calciumionen in water heeft hinderlijke gevolgen. Bij wassen met zeep reageren de calciumionen met stearaationen uit de zeep, zodat een neerslag ontstaat. Op verwarmingselementen kan een kalkaanslag ontstaan.

Om dit te voorkomen voegt de fabrikant aan het wasmiddel een onthardingsmiddel toe, zoals natriumpolyfosfaat,  $\text{Na}^+\text{P}_3\text{O}_{10}^{5-}(\text{s})$ . De polyfosfaationen reageren met de calciumionen:



Een wasmiddel bevat 25 massaprocent natriumpolyfosfaat.

- 3 Bereken hoeveel gram van het wasmiddel nodig is om 10 liter Haags leidingwater geheel te ontharden.

10 liter water bevat 19,21 mmol  $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$

Dus nodig 19,21 mmol  $\text{P}_3\text{O}_{10}^{5-}(\text{aq}) \equiv 19,21 \text{ mmol Na}^+\text{P}_3\text{O}_{10}$

Dat weegt  $19,21 \times (5 \times 22,99 + 3 \times 30,97 + 10 \times 16,00) = 19,21 \text{ mmol} \times 367,86 \text{ mg/mmol} = 7067 \text{ mg} = 7,067 \text{ g}$ . Dit is 25 massaprocent van het wasmiddel, dus nodig  $4 \times 7,067 = 28,27 = 28 \text{ g}$  wasmiddel.

## Opgave 6

Fosfor komt voor als witte en als rode fosfor. Meestal worden beide vormen geschreven als  $\text{P}(\text{s})$ . Dat witte fosfor echter niet bestaat uit éénatomige moleculen, is af te leiden uit metingen aan de damp van witte fosfor.

Een meting wijst uit dat 1,00 g damp van witte fosfor bij  $p = p_0$  en  $230^\circ\text{C}$  een volume heeft van  $334 \text{ cm}^3$ . Het molaire volume van gassen bij deze omstandigheden is  $41,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ .

Stel dat de formule voor de damp van witte fosfor  $\text{P}_n(\text{g})$  is.

- 1 Bereken de grootte van  $n$ .

$334 \text{ cm}^3$  komt overeen met  $334 \text{ cm}^3 : 41,4 \text{ cm}^3/\text{mmol} = 8,0676 \text{ mmol}$  fosfor.

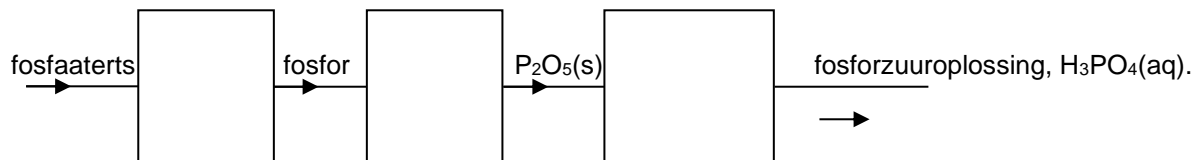
Dus  $1,00 \text{ g} = 1000 \text{ mg}$  fosfor komt overeen met  $8,0676 \text{ mmol}$  fosfor.

Dus  $1 \text{ mmol} = 1000 \text{ mg} : 8,0676 \text{ mmol} \equiv 124 \text{ mg/mmol}$ , of  $1 \text{ mol}$  fosfor weegt  $124 \text{ g}$ .

De atoommassa van fosfor is  $30,97 \text{ g/mol}$ , dus  $1$  molecuul fosfor bestaat uit

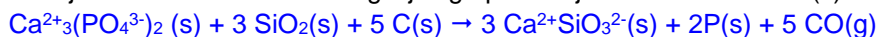
$124 / 30,97 = 4$  atomen, dus  $n = 4$

In een fosforfabriek wordt fosfaaterts omgezet in een oplossing van fosforzuur. Dat gebeurt in een aantal stappen. Hieronder volgt een schematische weergave daarvan:



Om de stof fosfor te maken moet fosfaaterts reageren met zand,  $\text{SiO}_2(\text{s})$ , en cokes,  $\text{C}(\text{s})$ . Fosfaaterts bevat onder andere calciumfosfaat. Calciumfosfaat, zand en cokes reageren in de molverhouding  $1 : 3 : 5$ . Bij de reactie, die bij hoge temperatuur plaats heeft, ontstaat behalve fosfor, ook calciumsilicaat,  $\text{Ca}^{2+}\text{SiO}_3^{2-}(\text{s})$ , en koolstofmonooxide.

- 2 Schrijf van deze reactie de vergelijking op. Schrijf daarin fosfor als  $\text{P}(\text{s})$ .



Voor de reactie worden fosfaaterts, zand en cokes gemengd in de massaverhouding  $100 : 30 : 10$ . Neem aan dat zand zuiver siliciumdioxide is en cokes zuivere koolstof.

- 3 Laat door een berekening zien of zand en cokes voor deze reactie in de goede massaverhouding gemengd zijn.

$30 \text{ g SiO}_2(\text{s}) \equiv 30 \text{ g} : 60,09 \text{ g/mol} = 0,499 \text{ mol SiO}_2$ .

Dus er is  $5/3 \times 0,499 = 0,832 \text{ mol C}(\text{s})$  nodig.  $0,832 \text{ mol C}(\text{s}) \equiv 0,832 \text{ mol} \times 12,01 \text{ g/mol} = 9,99 \text{ g C}(\text{s})$

Dat weegt  $0,832 \times 12,01 = 9,99 \text{ g C}(\text{s})$ . Dit komt overeen met de gegeven massaverhouding van  $\text{SiO}_2$  en  $\text{C}$ .