

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.

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

Inhoud

Omrekenen volume \leftrightarrow massa \leftrightarrow mol \leftrightarrow volume, ppb en ppm (bovenbouw)	2
Bepaling verhoudings- en molecuulformules (bovenbouw)	5
Rekenen aan reacties (bovenbouw).....	6

Omrekenen volume ↔ massa ↔ mol ↔ volume, ppb en ppm (bovenbouw)

Opgave 1 volume ↔ massa ↔ mol ↔ volume

- 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 = $1,986 \text{ g/dm}^3 \times 2,3 \text{ dm}^3 = 4,6 \text{ g}$
- 2 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 = $31,698 \text{ g} : M_{\text{Hg}} = 31,698 \text{ g} : 200,6 \text{ g/mol} = 0,158 \text{ mol}$
- 3 Bereken hoeveel 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 = $0,13536 \text{ g} : 1,36 \text{ g/dm}^3 = 0,09929 = 9,9 \cdot 10^{-2} \text{ dm}^3$
- 4 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.
- 5 Bereken hoeveel 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 $0,0023 \times 380,65 \text{ g/mol} = 0,88 \text{ g}$.
- 6 Bereken het massapercentage stikstof in ijzer(II)nitraat.
 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$: 1 mol weegt $55,85 + 2 \times 14,01 + 6 \times 16,00 = 179,86 \text{ g}$.
Massa % = $2 \times 14,01 / 179,86 \times 100\% = 15,6 \%$
- 7 Bereken hoeveel mol $97,60 \text{ gram}$ natriumfosfaat is.
 $M(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 163,94 \text{ g/mol}$. Aantal mol = $97,60 \text{ g} : 163,94 \text{ g/mol} = 0,5953 \text{ mol}$
- 8 Bereken hoeveel cm^3 $0,460 \text{ kg}$ zwaveldioxide is.
 $\rho(\text{SO}_2) = 2,93 \text{ kg/m}^3 = 2,93 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$
 $0,460 \text{ kg} = 460 \text{ g}$ $\text{SO}_2 \stackrel{\Delta}{=} 460 \text{ g} : 2,93 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3 = 1,57 \times 10^5 \text{ cm}^3$
- 9 Berken hoeveel gram $6,30 \text{ dm}^3$ stikstof is.
 $\rho(\text{N}_2) = 1,25 \text{ kg/m}^3 = 1,25 \text{ g/dm}^3$
 $6,30 \text{ dm}^3 \times 1,25 \text{ g/dm}^3 = 7,88 \text{ g}$
- 10 Bereken hoeveel gram $0,056 \text{ mol}$ aluminiumcarbonaat is.
 $M(\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3) = 233,99 \text{ g/mol}$ $0,056 \text{ mol} = 0,056 \times 233,99 \text{ g/mol} = 13 \text{ g}$
- 11 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 = $5,30 \times 10^9 \text{ m}^3 \times 0,72 \text{ kg/m}^3 = 3,816 \times 10^9 \times 10^3 \text{ g}$
aantal mol = $3,816 \times 10^{12} \text{ g} : 16,042 \text{ g/mol} = 2,4 \times 10^{11} \text{ mol}$
- 12 Bereken hoeveel 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 = $1,28892 \text{ g} : 1,25 \text{ g/dm}^3 = 1,0 \text{ dm}^3$
- 13 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 = $3,03 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 241,88 \text{ g/mol} = 0,733 \text{ g}$
- 14 Bereken wat het volume, in cm^3 , van $1,34 \text{ mol}$ methanol is.
 $\rho_{\text{methanol}} = 0,79 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 = 0,79 \times 10^3 \times 10^3 \text{ g/10}^6 \text{ cm}^3 = 0,79 \text{ g/cm}^3$

$$M(\text{CH}_3\text{OH}) = 32,04 \text{ g/mol}$$

$$\text{massa} = 1,34 \text{ mol} \times 32,04 \text{ g/mol} = 42,9336 \text{ g} \quad \text{volume} = 42,9336 \text{ g} : 0,79 \text{ g/cm}^3 = 54,3 \text{ cm}^3$$

Opgave 2 Zwaveligzuur

In 1,60 liter water is 26,00 gram H_2SO_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.

$$0,200 \text{ mol/L} = 0,200 \text{ mmol/mL},$$

$$\text{dus in 40 mL opgelost: } 40,00 \text{ mL} \times 0,200 \text{ mmol/mL} = 8,00 \text{ mmol}$$

- 3 Bereken wat het massapercentage zwavel in zwavelzuur is.

$$\text{massa \% S} = \text{massa S} : \text{massa H}_2\text{SO}_3 \times 100\% = 32,06 \text{ g/mol} : 82,076 \text{ g/mol} \times 100\% = 39,06\%$$

Opgave 3 Zoutzuur (1)

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.

$$\text{Uit } \rho \text{ volgt dat 1 L oplossing } 1,18 \cdot 10^3 \text{ g weegt. De hoeveelheid HCl hierin} = 0,36 \times 1,18 \cdot 10^3 \text{ g} = 424,8 \text{ g, dus 600 mL bevat } 0,600 \times 424,8 \text{ g} = 255 \text{ g HCl(g)}$$

- 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

$$5,0 \text{ L} \times 2,0 \text{ mol/L} = 11,7 \text{ mol/L} \times x \text{ L} \rightarrow x = (5,0 \text{ L} \times 2,0 \text{ mol/L}) : 11,7 \text{ mol/L} = 0,85 \text{ L} \text{ Hij heeft dus } 0,85 \text{ L van de geconcentreerde oplossing nodig die hij moet aanvullen tot } 5,0 \text{ L}$$

Opgave 4 Nagellakremover

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.

$$\text{MAC-waarde} = 1780 \text{ mg/m}^3 \text{ en } M_{\text{aceton}} = 3 \times 12,01 + 6 \times 1,01 + 16,00 = 58,09 \text{ g/mol}$$

$$\text{Er mag aanwezig zijn: } (8 \times 8 \times 3) \text{ m}^3 \times 1780 \cdot 10^{-3} \text{ g/m}^3 : 58,09 \text{ g/mol} = 341,76 \text{ g} : 58,09 \text{ g/mol} = 6 \text{ mol}$$

Opgave 5 Zoutzuur (2)

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 6 Gassen

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 $\text{CO}_2(\text{g})$ 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 7 Fosgeen

Fosgeen (COCl_2) 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^{-3}) bij $15\text{ }^\circ\text{C}$ 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 8 Chloroform

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 K (= $61\text{ }^\circ\text{C}$) is.

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

Opgave 9 Zwavel in benzine

In Nederland wordt per jaar ongeveer $5,1 \cdot 10^9$ liter benzine verbrand. De dichtheid van benzine is $0,72 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$. Wanneer deze benzine een zwavelgehalte heeft van 250 ppm, dan wordt per jaar via de benzine $9,2 \cdot 10^5 \text{ kg}$ zwavel verbrand. Door een verlaging van het zwavelgehalte van 250 ppm naar 50 ppm zal er veel minder zwaveldioxide ontstaan (1 ppm zwavel = 1 mg zwavel per kg benzine).

- 1 Laat door berekening zien dat per jaar in Nederland via de benzine $9,2 \cdot 10^5 \text{ kg}$ zwavel wordt verbrand bij gebruik van benzine met een zwavelgehalte van 250 ppm.

$$\rho_{\text{benzine}} = 0,72 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3} = 0,72 \text{ kg L}^{-1}$$

$$\text{massa benzine} = 5,1 \times 10^9 \text{ L} \times 0,72 \text{ kg L}^{-1} = 3,67 \times 10^9 \text{ kg}$$

$$\text{massa zwavel} = 250 \text{ ppm} = 250 \text{ mg/1,00} \cdot 10^6 \text{ mg benzine} = 250 \text{ mg/1,00 kg benzine}$$

$$250 \text{ mg S/1,00 kg benzine} = 3,67 \times 10^9 \text{ kg benzine} \times 250 \text{ mg S/1,00 kg benzine} = 9,175 \times 10^{11} \text{ mg} = 9,2 \times 10^5 \text{ kg S}$$

- 2 Bereken hoeveel kg zwaveldioxide er per jaar minder ontstaat als het zwavelgehalte van benzine 50 ppm is in plaats van 250 ppm.

$$\text{Vermindering S} = 4/5 \times 9,2 \times 10^5 \text{ kg} = (4/5 \times 9,2 \times 10^5 \text{ kg}) : 32,1 \text{ kg/kmol} = 2,30 \times 10^4 \text{ kmol S}$$

$$1 \text{ mol S} \hat{=} 1 \text{ mol SO}_2, \text{ dus } 2,30 \times 10^4 \text{ kmol S} \hat{=} 2,30 \times 10^4 \text{ kmol SO}_2 =$$

$$2,30 \times 10^4 \text{ kmol} \times 64,1 \text{ kg/kmol} = 1,5 \times 10^6 \text{ kg SO}_2$$

Opgave 10 Chlorofyl in spinazie

Spinazie is een bladgroente met een donkergroene kleur. Deze kleur wordt vooral veroorzaakt door vier pigmenten: chlorofyl-a, chlorofyl-b, β -caroteen en luteïne. Verse spinazie bevat 93,0 massaprocent water. Het overige deel is 'drooggewicht'. Het gehalte chlorofyl-a is 6,48 gram per 1,00 kilogram drooggewicht.

- 15 Bereken het massa-ppm chlorofyl-a in verse spinazie

$$\text{Massa drooggewicht per 1000 g spinazie} = (1 - 0,930) \times 1000 \text{ g} = 70,0 \text{ g}$$

$$1000 \text{ g droge stof} \equiv 6,48 \text{ g chlorofyl-a} \rightarrow 70,0 \text{ g droge stof} \equiv 70,0 \times 6,48 : 1000 = 4,536 \cdot 10^{-1} \text{ g chlorofyl-a}$$

$$\text{massa-ppm chlorofyl-a in spinazie} = 4,536 \cdot 10^{-1} \text{ g} \times 10^6 : 1000 \text{ g} = 4,5 \cdot 10^2$$

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:

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

verhoudingsformule is dan $C_{7n}H_{14n}$

De molecuulmassa van deze stof is 98 u.

- 2 Geef de molecuulformule van deze stof.

$$7n \times 12,01 + 14n \times 1,008 = 98 \quad 84,07n + 14,112n = 98 \quad 98,182n = 98 \quad n = 1$$

De molecuulformule is dus C_7H_{14}

Opgave 2

Een stikstofoxide bevat 26 % stikstof.

Geef de molecuulformule van dit oxide

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

molecuulformule is dan N_2O_5

Opgave 3

Een bepaalde koolwaterstof bevat 7,70 massa% waterstof.

- 1 Bepaal door berekening de verhoudingsformule van deze koolwaterstof.

$$\text{Aantal atomen C : H} = 92,3/12,01 : 7,7/1,01 = 1 : 1. \text{ De verhoudingsformule is: } C_{1n}H_{1n}$$

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

- 2 Bereken de molaire massa van deze koolwaterstof en bepaal de molecuulformule.

$$\text{Aantal mol verbinding} - 1,15 \text{ L} : 22,4 \text{ L/mol} = 0,0513 \text{ mol}$$

$$0,0513 \text{ mol} \stackrel{\Delta}{=} 4,00 \text{ g} \rightarrow M(C_{1n}H_{1n}) = 4,00 \text{ g} : 0,0513 \text{ mol} = 77,91 \text{ g/mol}$$

$$12,01n + 1,01n = 77,91 \rightarrow n = 6 \rightarrow \text{molecuulformule is: } C_6H_6$$

Opgave 4

Een koolwaterstof bestaat voor 85,6 massaprocent uit koolstof.

- 1 Bereken de verhoudingsformule van deze koolwaterstof.

$$\text{aantal C-at. : aantal H-at.} = 85,6 \text{ u} / 12,01 \text{ u} : 14,4 \text{ u} / 1,01 \text{ u} = 7 : 14 = 1 : 2$$

Verhoudingsformule is: C_nH_{2n} .

De molecuulmassa van deze koolwaterstof bedraagt 196,42 u.

- 2 Bepaal de molecuulformule.

$$n \times 12,01 \text{ u} + 2n \times 1,01 \text{ u} = 196,42 \text{ u} \quad n = 194,42/14,03 = 14 \quad \text{Molecuulformule is: } C_{14}H_{28}$$

Opgave 5

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:

$$\text{aantal mol C : H} = (85,71 \text{ g C} : 12,01 \text{ g/mol}) : (14,3 \text{ g H} : 1,008 \text{ g/mol}) = 7,136 : 14,187 = 7 : 2$$

verhoudingsformule is dan $C_{7n}H_{14n} = C_nH_{2n}$

Onder de gegeven omstandigheden weegt 20,0 dm³ stikstof 21,24 g.

- 2 Bereken hoe groot V_M (het volume van 1 mol onder deze omstandigheden is).

$$21,24 \text{ g } N_2 \equiv 21,24 \text{ g} : 28,02 \text{ g/mol} = 0,7580 \text{ mol} \equiv 20,0 \text{ L} \rightarrow 1,000 \text{ mol} \equiv 20,0 : 0,7580 \text{ L} = 26,38 \text{ L}$$

De dichtheid van de gasvormige verbinding is 1,06 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 20).
 $M_x = 1,06 \text{ g/L} \times 26,38 \text{ L/mol} = 27,96 \text{ g/mol}$
 $\text{dus } n \times 12,01 + 2n \times 1,01 = 27,96 \rightarrow n = 2$ dus de molecuulformule is C_2H_4

Rekenen aan reacties (bovenbouw)

Opgave 1

Men wil uitgaande van aluminium en chloor aluminiumchloride maken. Men heeft 20 dm^3 chloorgas bij standaardomstandigheden, 0°C en 1 atm .

- 1 Geef de reactievergelijking.
 $2 \text{ Al(s)} + 3 \text{ Cl}_2\text{(g)} \leftrightarrow 2 \text{ AlCl}_3\text{(s)}$
- 2 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 $23,5$ gram aluminiumchloride maken.

- 3 Hoeveel gram aluminium en hoeveel 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 $1,39$ gram loodchloride bereiden. Ze heeft de beschikking over $0,100 \text{ M}$ loodnitraatoplossing en een $0,100 \text{ M}$ natriumchlorideoplossing.

- 1 Geef de vergelijking van de reactie die optreedt als beide oplossingen bij elkaar worden gevoegd.
 $\text{Pb}^{2+}\text{(aq)} + 2 \text{ Cl}^-\text{(aq)} \rightleftharpoons \text{PbCl}_2\text{(s)}$
- 2 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.
 $1 \text{ mmol PbCl}_2 \equiv 1 \text{ mmol Pb(NO}_3)_2 \equiv 2 \text{ mmol NaCl}$
 $1,39 \cdot 10^3 \text{ mg PbCl}_2 / (207,2 + 2 \cdot 35,45) = 5,00 \text{ mmol PbCl}_2$
 $5,00 \text{ mmol PbCl}_2 \equiv 5,00 \text{ mmol Pb(NO}_3)_2 \equiv 10,0 \text{ mmol NaCl}$
 $V_{\text{loodnitraatoplossing}} \cdot M_{\text{loodnitraatoplossing}} = \text{hoeveelheid Pb(NO}_3)_2 \rightarrow V \cdot 0,100 = 5,00 \rightarrow V = 5,00 / 0,100 = 50,0 \text{ ml}$
 $0,100 \text{ M Pb(NO}_3)_2\text{-oplossing}$
 $V_{\text{NaCl-oplossing}} \cdot M_{\text{NaCl-oplossing}} = \text{hoeveelheid NaCl} \rightarrow V_{\text{NaCl}} \cdot 0,100 = 10,0 \text{ mmol NaCl} \rightarrow V = 10 / 0,100 = 100 \text{ mL}$
 $0,100 \text{ M NaCl-oplossing}$

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.

- 1 Bereken het massapercentage van koolstofdioxide in lucht.
 $\text{Volume CO}_2 = 0,00035 \times 1 \text{ L} = 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ L/L lucht}$. $\rho(\text{CO}_2) = 1,986 \text{ kg/m}^3 = 1,986 \text{ g/L}$
 $\text{massa CO}_2 = 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ L} \times 1,986 \text{ g/L} = 6,951 \cdot 10^{-4} \text{ g/L lucht}$. $\rho(\text{lucht}) = 1,293 \text{ g/L}$
 $\text{massa-\% CO}_2 = 6,951 \cdot 10^{-4} \text{ g} : 1,293 \text{ g/L} \times 100\% = 5,4 \cdot 10^{-2} \%$

Opgave 4

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

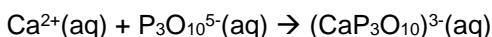
De hardheid is 1 °D als het water 7,1 mg $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$ bevat.

- 2 Bereken de hardheid van Haags leidingwater, uitgedrukt in °D.

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

De aanwezigheid van calciumionen in water heeft hinderlijke gevolgen. Bij wassen met zeep reageren de calciumionen met steeraationen 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, $\text{Na}^+_5\text{P}_3\text{O}_{10}^{5-}(\text{s})$. 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 $\text{P}_3\text{O}_{10}^{5-}(\text{aq}) \equiv 19,21 \text{ mmol } \text{Na}^+_5\text{P}_3\text{O}_{10}$

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 5

Fosfor komt voor als witte en als rode fosfor. Meestal worden beide vormen geschreven als P(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 °C een volume heeft van 334 cm³. Het molaire volume van gassen bij deze omstandigheden is 41,4 dm³ mol⁻¹.

Stel dat de formule voor de damp van witte fosfor P_n(g) is.

- 1 Bereken de grootte van n.

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

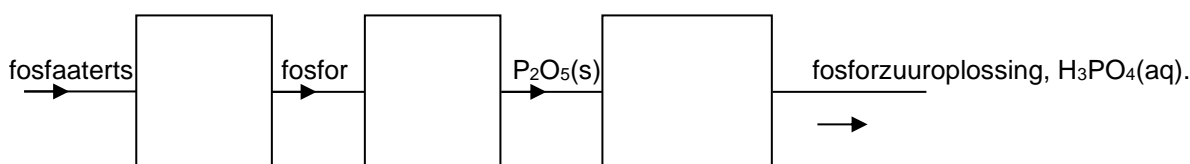
Dus 1,00 g = 1000 mg fosfor komt overeen met 8,0676 mmol fosfor.

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

De atoommassa van fosfor is 30,97 g/mol, dus 1 molecuul fosfor bestaat uit

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

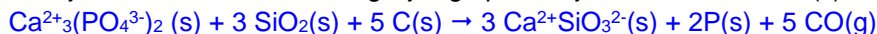
In een fosforfabriek wordt fosfaaterts omgezet in een oplossing van fosforzuur. Dat gebeurt in een aantal stappen. Hieronder volgt een schematische weergave daarvan:



Om de stof fosfor te maken moet fosfaaterts reageren met zand, SiO₂(s), en cokes, C(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 koolstofmonoxide.

- 2 Schrijf van deze reactie de vergelijking op. Schrijf daarin fosfor als P(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.

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

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

Dat weegt $0,832 \times 12,01 = 9,99 \text{ g C}(\text{s})$. Dit komt overeen met de gegeven massaverhouding van SiO_2 en C.

Opgave 6 Kolenvergassing

De samenstelling van een bepaalde soort steenkool is in de volgende tabel weergegeven:

element	massapercentage
C	85
H	5,0
N	1,9
S	0,96
O	7,0
overige elementen	< 0,1

Bij kolenvergassing ontstaat een mengsel van koolstofmonoïxide en waterstof. Dit mengsel wordt ook wel synthesesegas genoemd.

- 1 Bereken hoeveel kg koolstofmonoïxide maximaal ontstaat bij de vergassing van $2,0 \cdot 10^6$ kg steenkool. Maak hierbij gebruik van de bovenstaande tabel.

$$1 \text{ mol C} \equiv 1 \text{ mol CO}$$

$$\text{massa C} = 0,85 \times 2,0 \cdot 10^6 \text{ kg} = 1,70 \cdot 10^6 \text{ kg C}$$

$$1,70 \cdot 10^6 \text{ kg C} \equiv 1,70 \cdot 10^6 \text{ kg} : 12,01 \text{ kg/kmol} = 1,42 \cdot 10^5 \text{ kmol C}$$

$$1,42 \cdot 10^5 \text{ kmol C} \equiv 1,42 \cdot 10^5 \text{ kmol CO} \equiv 1,42 \cdot 10^5 \text{ kmol} \times 28,01 \text{ kg/kmol} = 4,0 \cdot 10^6 \text{ kg CO}$$

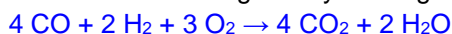
Het synthesesegas bevat nog een aantal verontreinigingen, waaronder ammoniak (NH_3). Om het ammoniakgas te scheiden van synthesesegas wordt het synthesesegas door water geleid. Ammoniak lost in water op en synthesesegas niet.

- 2 Geef de naam van de gebruikte scheidingsmethode.

Extractie

Het gezuiverde synthesesegas bevat koolstofmonoïxide en waterstof in de molverhouding 2 : 1. In de gasturbine wordt dit mengsel verbrand.

- 3 Geef de verbranding van synthesesegas in de gasturbine in één reactievergelijking weer.



Opgave 7 Energielabel

Het energielabel (brandstofverbruiksetiket) voor nieuwe personenauto's bevat gegevens over het brandstofverbruik, de zuinigheidscategorie en de CO_2 -uitstoot van de auto.

In onderstaande tabel staan de gegevens vermeld die horen bij energielabel B.

Liters benzine per 100 km:	5,1	energielabel: B
Rijdt 1-op:	19,6	
Uitstoot CO ₂ (g/km):	123	

- Controleer of het brandstofverbruik per 100 km overeenkomt met 19,6 km per L brandstof.
Het brandstofverbruik is $100 \text{ km}/5,1 \text{ L} = 19,6 \text{ km/L}$. Dus het gegeven is correct.
- Bereken de hoeveel gram benzine er per km wordt verbruikt.
Per km wordt $5,1/100 = 0,051 \text{ L}$ benzine verbruikt, dus verbruik = $0,051 \text{ L/km}$.
 $\rho_{\text{benzine}} = 0,72 \cdot 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^3 = 720 \text{ g/L}$
 $0,051 \text{ L/km} \hat{=} 0,051 \text{ L} \times 720 \text{ g/L} = 36,7 \text{ g/km}$
- Geef de reactievergelijking van de volledige verbranding van benzine.
Neem voor de formule van benzine C₈H₁₈.
 $2 \text{ C}_8\text{H}_{18}(\text{l}) + 25 \text{ O}_2(\text{g}) \rightarrow 16 \text{ CO}_2(\text{g}) + 18 \text{ H}_2\text{O}(\text{g})$
- Bereken hoeveel gram CO₂ er per km vrijkomt.
Stap 1: RV.
Zie antwoord opgave 3.
Stap 2: RV omzetten naar vergelijking in mol.
 $2 \text{ mol C}_8\text{H}_{18}(\text{l}) + 25 \text{ mol O}_2(\text{g}) \rightarrow 16 \text{ mol CO}_2(\text{g}) + 18 \text{ mol H}_2\text{O}(\text{g})$
Stap 3: Herleiden naar 1 mol van de gegeven stof. Dat is hier benzine.
 $2 \text{ mol C}_8\text{H}_{18} \hat{=} 25 \text{ mol O}_2 \hat{=} 16 \text{ mol CO}_2 \hat{=} 18 \text{ mol H}_2\text{O}$, dus
 $1 \text{ mol C}_8\text{H}_{18} \hat{=} 12,5 \text{ mol O}_2 \hat{=} 8 \text{ mol CO}_2 \hat{=} 9 \text{ mol H}_2\text{O}$
Stap 4: Gegeven massa omrekenen naar mol. Dat is hier de uitkomst van opgave 2
aantal mol benzine = $36,7 \text{ g}/114,26 \text{ g/mol} = 0,329 \text{ mol}$.
Stap 5: Molverhouding (stap 3) vermenigvuldigen met aantal (stap 4).
 $0,329 \times 1 \text{ mol C}_8\text{H}_{18} \hat{=} 0,329 \times 12,5 \text{ mol O}_2 \hat{=} 0,329 \times 8 \text{ mol CO}_2 \hat{=} 0,329 \times 9 \text{ mol H}_2\text{O}$
Stap 6: Te berekenen hoeveelheden omrekenen in gevraagde eenheden.
Gevormd CO₂ $M_{\text{CO}_2} = 44,01 \text{ g/mol}$
 $0,329 \times 8 \text{ mol CO}_2 = 2,633 \text{ mol CO}_2$. $2,633 \text{ mol CO}_2 \hat{=} 2,633 \text{ mol} \times 44,01 \text{ g/mol} = 115,9 \text{ g}$
- Bereken hoeveel dm³ CO₂ bij deze verbranding ontstaat.
 $\rho_{\text{CO}_2} = 1,986 \text{ kg/m}^3 = 1,986 \text{ g/dm}^3$
Aantal L CO₂ = $\text{massa CO}_2 / \rho_{\text{CO}_2} = 115,9 \text{ g}/1,986 \text{ g/dm}^3 = 58,4 \text{ L}$.

Opgave 8 Oplossingen samenvoegen

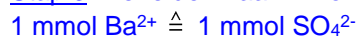
Men voegt een ijzer(III)sulfaatoplossing samen met een bariumchlorideoplossing. Hierbij ontstaat een neerslag

- Geef de reactievergelijking.
 $\text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) \rightarrow \text{BaSO}_4(\text{s})$
Men nam 150 mL 0,50 M ijzer(III)sulfaatoplossing en voegde hier een aantal mL 0,35 M bariumchlorideoplossing aan toe.
- Bereken hoeveel mL 0,35 M bariumchlorideoplossing nodig was om precies met het ijzer(III)sulfaat aanwezig in 150 mL 0,50 M oplossing te reageren.
Stap 1: Zie RV

Stap 2: RV omzetten naar vergelijking in mmol (omdat de vraagstelling over ml gaat).

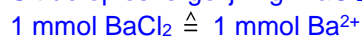


Stap 3: Herleiden naar 1 mol van de gegeven stof. Dat is hier Ba^{2+} .

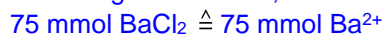


Stap 4: Aantal mmol (= hoeveelheid) van de gegeven stof uitrekenen. Dat is Ba^{2+} .

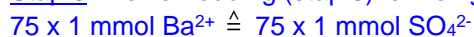
Uit de oplosvergelijking: $\text{BaCl}_2(\text{s}) \rightarrow \text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{ Cl}^{-}(\text{aq})$ volgt:



Aanwezig: $150 \text{ mL} \times 0,50 \text{ mmol BaCl}_2 = 75 \text{ mmol BaCl}_2$, dus:



Stap 5: Molverhouding (stap 3) vermenigvuldigen met aantal (stap 4).



Stap 6: Te berekenen hoeveelheden omrekenen in gevraagde eenheden.

Uit de oplosvergelijking: $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3(\text{s}) \rightarrow 2 \text{ Fe}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{ SO}_4^{2-}(\text{aq})$ volgt:

