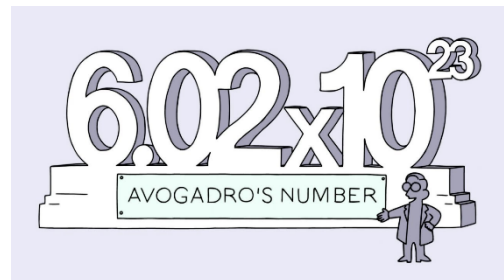


Molrekenen

3 havo en vwo



Waarom zo'n raar getal voor het aantal deeltjes in een mol? Dit heeft te maken met het afmeten van een mol. Je kunt een molecuul in zijn eentje moeilijk op een weegschaal leggen. Een watermolecuul weegt 18,016 u ofwel $2,99 \cdot 10^{-23}$ gram. Zo'n kleine hoeveelheid is niet echt werkbaar – geen weegschaal kan dat afwegen. Laten we nou eens kijken hoeveel 1 mol watermoleculen samen weegt.

1 molecuul H ₂ O	heeft een massa van	18,016 u
2 moleculen H ₂ O	hebben een massa van	36,032 u
10 moleculen H ₂ O	hebben een massa van	180,16 u
1 dozijn H ₂ O 's	heeft een massa van	216,192 u
$6,02 \cdot 10^{23}$		
H ₂ O moleculen	hebben een massa van	10849487424000000000000000 u
1 mol water	heeft een massa van	10849487424000000000000000 u

Dat is weer een vreselijk groot getal. Laten we dit maar eens omrekenen naar gram (met $1 \text{ u} = 1,66054 \cdot 10^{-24} \text{ g}$).

1 mol water heeft een massa van 18,02 g

De massa van een molecuul (uitgedrukt in u) heeft dezelfde getalswaarde als de massa van een mol van diezelfde moleculen (uitgedrukt in gram).

Het “molgetal” (getal van Avogadro) is zó gekozen, dat je vanuit de molecuulmassa (in u) direct de massa van een mol te pakken hebt. Het is dus een niet zo mooi rond getal, maar wél heel bewust gekozen.

dus:

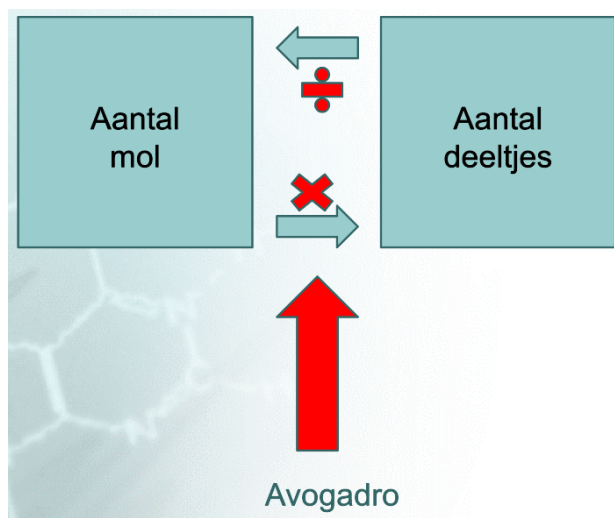
- molecuulmassa C₁₂H₂₂O₁₁ is 342 u, dan heeft één mol C₁₂H₂₂O₁₁ een massa van 342 g
- molecuulmassa S = 32,06 u, dus één mol S heeft een massa van 32,06 g etc.

De massa van een mol stof noemen we de molaire massa . De eenheid van molaire massa is g/mol of g·mol⁻¹ (“gram per mol”).

Je moet altijd vermelden, over welke stof en over welke eenheid je het hebt.

Het getal van Avogadro

Het aantal deeltjes dat dus in één mol zit is $6,02 \cdot 10^{23}$. Dit getal wordt de constante van Avogadro genoemd. Het omrekenen van mol naar het aantal deeltjes is dus vrij eenvoudig en kan in een schema aangegeven worden.



De molaire massa van elementen en moleculen

De molaire massa van een element kun je vinden in het periodiek systeem. Dit zijn (relatieve) atoommassa's waarbij rekening gehouden is met het isotoop. Deze waardes gebruiken we voor de berekening van molaire massa's van moleculen.

Stappenplan molaire massa berekenen:

1. **Molecuulformule opschrijven**
2. **Schrijf het aantal atomen op die in het molecuul voorkomen**
3. **Zoek de molaire massa van 1 atoom en vermenigvuldig met het aantal atomen uit het molecuul**
4. **Tel de massa's bij elkaar op en zet de eenheid er achter (g/mol)**
5. **Houd rekening met significantie**

Voorbeeld:

De molaire massa van koolstofdioxide

De berekening voer je als volgt uit:

CO_2		
$1 \times \text{C}$	$1 \times 12,01 =$	$12,01$
$2 \times \text{O}$	$2 \times 16,00 =$	$32,00$
		----- +
		$44,01 \text{ g/mol}$

Een stapje lastiger.
De molaire massa van glucose

$C_6H_{12}O_6$		
6 x C	6 x 12,01 =	72,06
12 x H	12 x 1,008 =	12,096
6 x O	6 x 16,00 =	96,00
		----- +
		180,156
Molaire massa	Significantie!	180,16 g/mol

Je ziet dat hier ineens wordt afgerond. Dit moet. Bij het optellen van getallen houd je rekening met het aantal cijfers achter de komma.

Want:

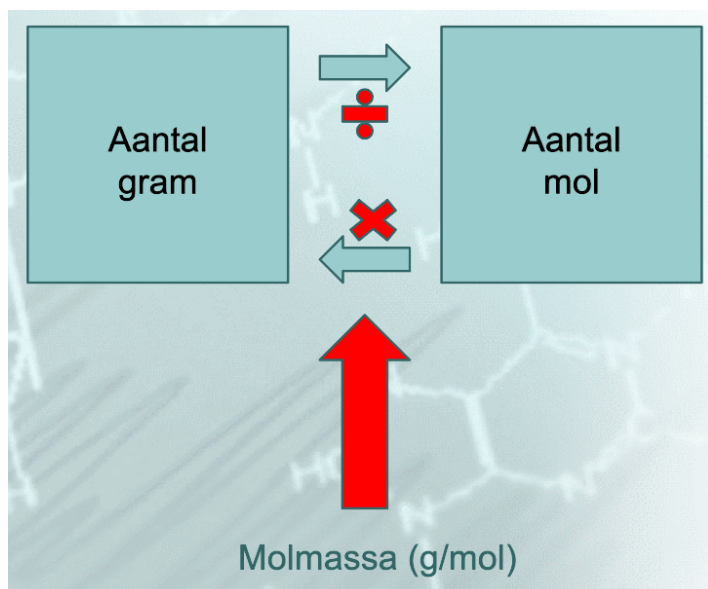
De uitkomst van de berekening kan niet nauwkeuriger zijn dan de gegevens die je hebt gebruikt.

Dus bij het **optellen** houd je rekening met significantie. De getallen die je optelt hebben een aantal cijfers achter de komma. Het getal met de minste aantal cijfers achter de komma is hier in leidend. Dus heb je 1 getal met 1 cijfer achter de komma? Dan het eindantwoord ook 1 cijfer achter de komma.

Hoofdstuk 2

Van massa naar mol en andersom

In het vorige hoofdstuk heb je geleerd wat het begrip mol is en hoe je de molaire massa van een molecuul uitrekt. Het is belangrijk makkelijk van het aantal gram van een stof naar het aantal mol van een stof te kunnen. Hiervoor gebruik je het volgende schema:



Voorbeeld : van mol naar gram

Hoeveel gram is 5,00 mol C_2H_6 ?

Stap 1 Bereken de molaire massa van C_2H_6 (Zet dit rechts van je blaadje achter een lijn)

Stap 2 Reken het aantal mol om naar gram (zet dit links van de lijn)

Stap 3 Rond je antwoord af (significantie)

Stap 4 Check je significantie

$$5,00 \text{ mol} \times 30,07 \text{ g/mol} = 150,35 \text{ gram}$$

Significantie! 150 gram C_2H_6

C_2H_6			
2 x C	2 x 12,01 =	24,02	
6 x H	6 x 1,008 =	6,048	
		----- +	
		30,068	
		Significantie! 30,07 g/mol	

Om verwarring in je berekening te voorkomen trek je een verticale lijn over je blaadje. Aan de rechterkant zet je alleen de molaire massa berekeningen, aan de linkerkant zet je de overige berekeningen. Zo houd je overzicht.

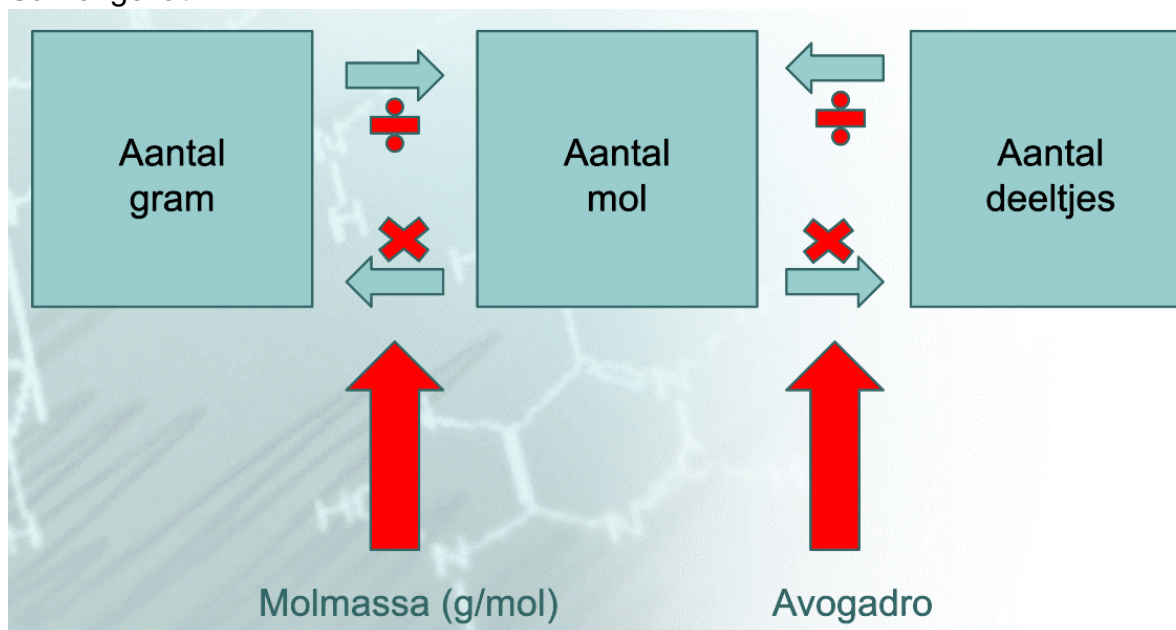
Significantie

Als je de uitkomst van een **vermenigvuldiging of deling moet** gaan opschrijven, moet je rekening houden met het zogenaamde aantal significante cijfers waaruit de getallen waarmee je rekt bestaan. Daaronder verstaan we het totale aantal cijfers, voor en achter de komma bij elkaar, alleen tellen nullen vooraan het getal niet mee:

Het getal	2,35	50	83,420	0,013	0,105	123	0,2	0,0543
Aantal significante cijfers	3	2	5	2	3	3	1	3

Dus staat er in de opgave: 5,00 mol (drie significante cijfers), dan moet het eindantwoord ook bestaan uit drie significantie cijfers.

Samengevat:



Hoofdstuk 3

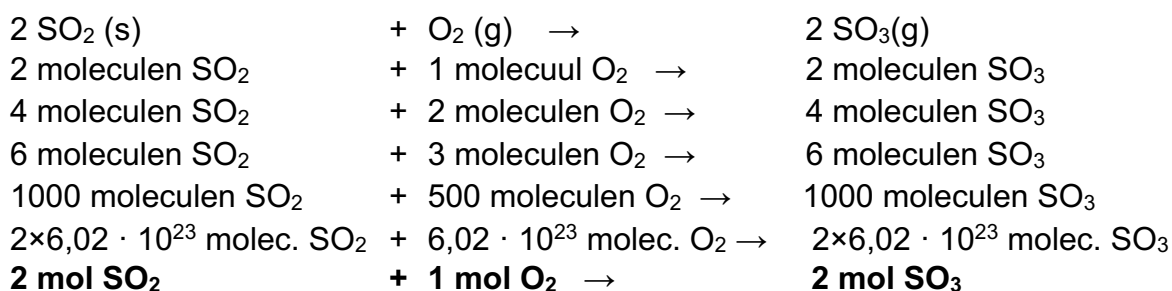
Rekenen in molverhoudingen

In dit hoofdstuk gaan we rekenen aan reacties. Het achterliggende idee is vaak, dat je bij een reactie exact de juiste hoeveelheden van alle stoffen bij elkaar wil voegen. Als je van een stof teveel hebt (een overmaat) hebt, dan kan dat overschot toch niet reageren: dat is zonde van de inkoopkosten.

De mol is het centrale begrip in het chemisch rekenen.

De molverhouding bij reacties

We nemen als voorbeeld de volgende reactie:



De coëfficiënten in de reactievergelijking geven aan in welke aantalsverhouding de moleculen bij een reactie reageren.

De coëfficiënten geven dus ook aan, in welke molverhouding de stoffen bij een reactie reageren.

Je hoeft dus niet per se alle molecuulmassa's te berekenen om een reactieverhouding te kennen. Je kunt gewoon naar de reactievergelijking kijken!

Natuurlijk heb je nu nog géén massa's berekend. Maar dat kan altijd later nog. En dan kun je mooi kiezen, van welke stoffen je de massa wil berekenen.

Bij een molverhouding moet je wel duidelijk maken, welk getal bij welke stof hoort. Dat kun je simpel doen door de molverhoudingen onder een reactievergelijking te zetten. Je mag natuurlijk ook de ouderwetse vorm met puntjes gebruiken, bijvoorbeeld

“bij deze reactie is de molverhouding waterstof : zuurstof gelijk aan 2 : 1”.

Ga je rekenen aan een reactie? Stel altijd de kloppende vergelijking op!

Rekenen met massa's via de molverhouding

We gaan het rekenen van gram naar mol nu combineren met molverhoudingen. Het is erg belangrijk om hierbij het volgende stappenplan te gebruiken.

Je bent verplicht alle vragen uit te schrijven volgens het stappenplan!

Stappenplan rekenen met molverhouding

1. **Stel de reactievergelijking op** (Krijg je op de toets vaak al gegeven)
2. **Kijk wat er gegeven wordt en wat er wordt gevraagd**
3. **Bereken de benodigde molaire massa's** (schrijf rechts op)
4. **Reken de hoeveelheid gegeven stof om naar mol**
5. **Leid uit de reactievergelijking de molverhouding tussen de gegeven en de gevraagde stof af**
6. **Bereken uit de molverhouding en het aantal mol van de gegeven stof, hoeveel mol er van de gevraagde stof reageert**
7. **Reken het aantal mol van de gevraagde stof om naar de gevraagde eenheid**
8. **Controleer je antwoord:** Juiste eenheid? Juiste significantie? Eenheid en stof achter je antwoord gezet?

Hoe schrijf je dit nu op?

Voorbeeld 1

Hoeveel gram zuurstof heb je nodig voor de verbranding van 25,00 gram methaan?

Handwritten solution for the combustion of methane, with steps highlighted in green boxes:

Stap 1 $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

Stap 2 $25,00\text{ g}$ \downarrow $:\frac{\text{g}}{\text{mol}}$ mol $? \text{ g}$

Stap 3 Molar mass calculation for CH_4 :

CH_4		
1x C	1x 12,01	12,01
4x H	4x 1,008	4,032
		16,042
		<u>16,04 g/mol</u>

Stap 4 $\frac{25,00\text{ g}}{16,04\text{ g/mol}} = 1,559\text{ mol}$

Stap 5 Molar ratio: $\text{CH}_4 : \text{O}_2$
 $1\text{ mol} : 2\text{ mol}$
 wanted: $1,559\text{ mol} : 2 \times 1,559\text{ mol}$
 $3,118\text{ mol O}_2$

Stap 6 Molar mass calculation for O_2 :

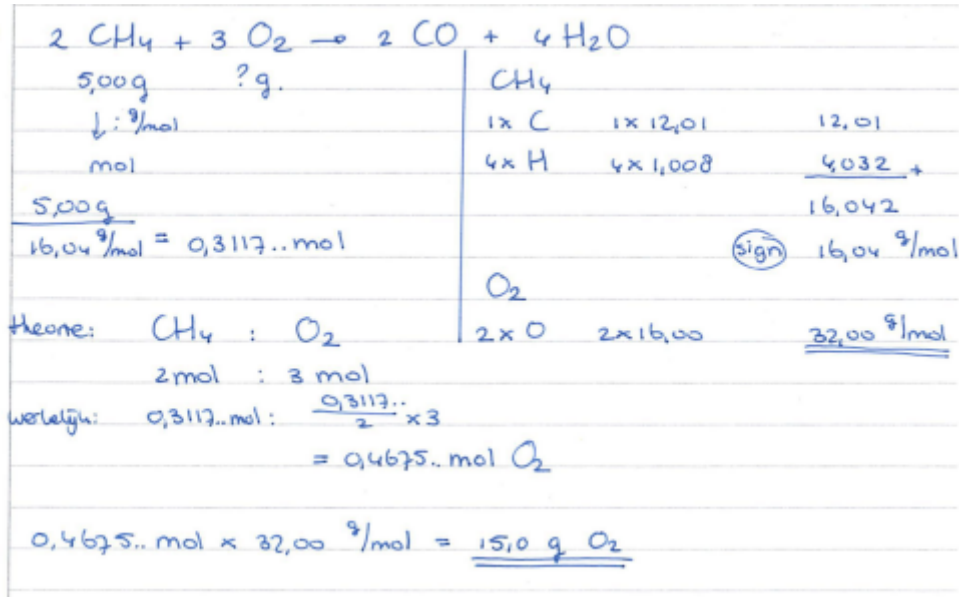
O_2		
2x O	2x 16,00	32,00
		<u>32,00 g/mol</u>

Stap 7 $3,118\text{ mol} \times 32,00\text{ g/mol} = \underline{\underline{99,78\text{ gram O}_2}}$

Stap 8 Final answer: 99,78 gram O₂

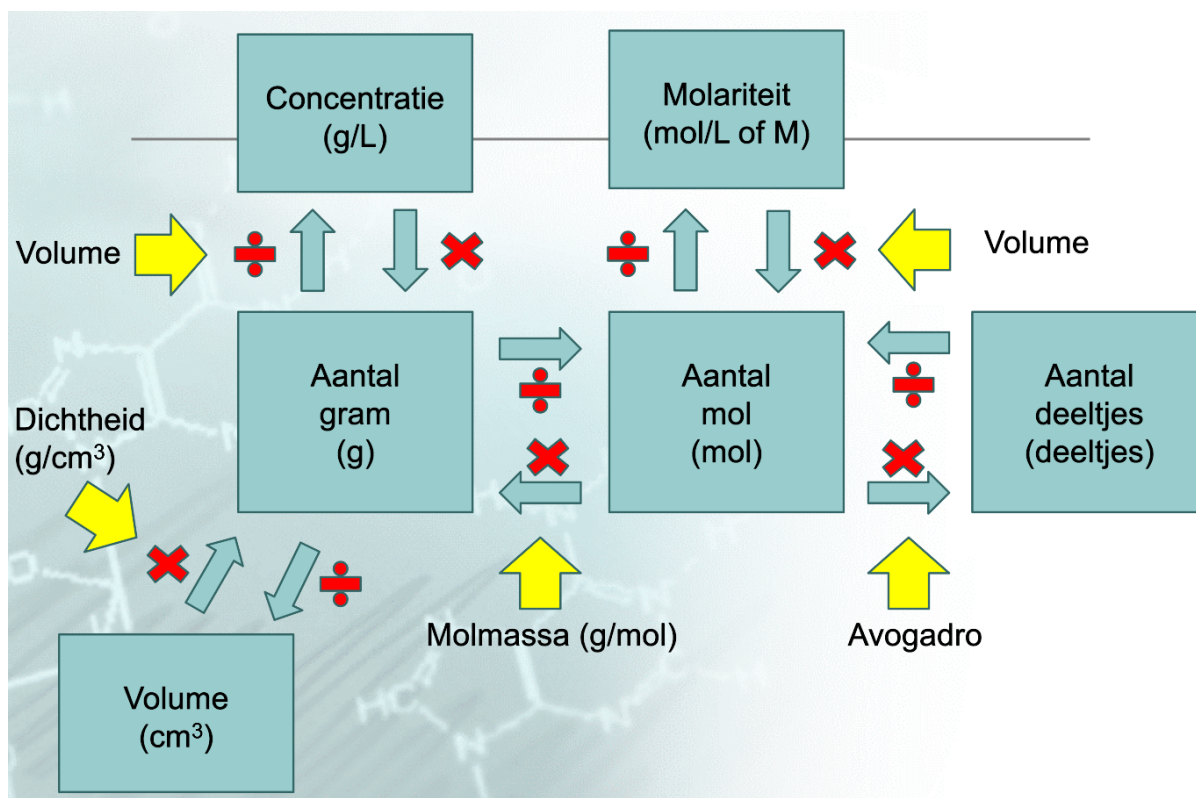
Voorbeeld 2

Methaan verbrandt onvolledig tot koolstofmono-oxide en water. Hoeveel gram zuurstof is er nodig voor de (onvolledige) verbranding van 5,00 gram methaan?



De molaire massa van de moleculen moet je afronden (significantie) voordat je er verder mee gaat rekenen. De andere berekeningen links mag je tussendoor niet afronden Dit is de reden dat er achter het getal **0,3117..mol** 2 keer een punt staat. Dit betekent dat het getal nog in de rekenmachine staat. Pas aan het einde mag het getal worden afgerond op het juiste aantal cijfers.

Je kunt ook nog rekenen met Molariteit, concentratie en dichtheid. Het schema hieronder is het complete schema dat je nodig hebt bij scheikunde. Ken je het schema en kun je het toepassen, dan is molrekenen voor jou appeltje-eitje!



Opgaven Hoofdstuk 1

1. Hoeveel moleculen zitten er in

- a. 1 mol glucose
- b. 0,5 mol glucose
- c. 3 mol glucose
- d. 0,11 mol zwaveldioxide
- e. 1,57 mol zwaveldioxide

2. Wat heeft een grotere massa?

- a. 1 mol water of 2 mol water
- b. 0,6 mol CH₄ of 0,6 mol C₄H₁₀
- c. 0,2 mol H₂O of 0,2 mol H₂O₂

3. Bereken de molaire massa's van de volgende stoffen. Noteer **telkens** de eenheid!
Denk ook om de significantie!

- a) distikstoftetraoxide
- b) koolstofmonoxide
- c) ammoniak (NH₃)
- d) ethaan (C₂H₆)
- e) aceton (C₃H₆O)
- f) aspirine (C₉H₈O₄)
- g) fosfortrichloride
- h) diwaterstofselenide (seleen = Se)
- i) fosforzuur (H₃PO₄)
- j) zwaveltrioxide
- k) zwavelzuur (H₂SO₄)
- l) Lachgas (distikstofmonoxide)
- m) waterstof
- n) waterstofperoxide (H₂O₂)
- o) zuurstof
- p) alcohol (ethanol, C₂H₆O)
- q) salpeterzuur (HNO₃)
- r) ethaanzuur (CH₃COOH)
- s) methaan (CH₄)
- t) XTC (C₁₁H₁₅NO₂)
- u) taxol (kankermedicijn) (C₄₇H₅₁NO₁₄)
- v) cafeïne (C₈H₁₀N₄O₂)

Opgaven Hoofdstuk 2

1. Reken om naar gram (Denk aan de goede significantie!)
 - a) 3,50 mol CO₂
 - b) 4,12 mol NH₃
 - c) 0,10 mol C₆H₁₂O₆
 - d) 12 mol CaCO₃
 - e) 0,33 mmol C₅H₁₂
 - f) $1,5 \cdot 10^3$ mol Fe₂O₃
 - g) $2,0 \cdot 10^{-5}$ mol C₃H₈O
2. Reken om naar het aantal mol (Denk aan de goede significantie!)
 - a) 12,0 g PbO₂
 - b) 0,12 g CuCl₂
 - c) 1,3 kg C₂H₂
 - d) 50 mg broom
 - e) 100 g water
 - f) $3,52 \cdot 10^3$ g CS₂
 - g) $2,12 \cdot 10^{-2}$ kg SO₂

Opgaven bij Hoofdstuk 3

Gebruik bij de volgende vragen de volgende kloppende reactievergelijkingen:

- 1) $2 \text{ K (s)} + \text{Br}_2 \text{ (l)} \rightarrow 2 \text{ KBr (s)}$
- 2) $2 \text{ KClO}_3 \text{ (s)} \rightarrow 2 \text{ KCl (s)} + 3 \text{ O}_2 \text{ (g)}$
- 3) $\text{N}_2 \text{ (g)} + 3 \text{ H}_2 \text{ (g)} \rightarrow 2 \text{ NH}_3 \text{ (g)}$
- 4) $4 \text{ Na (s)} + \text{O}_2 \text{ (g)} \rightarrow 2 \text{ Na}_2\text{O (s)}$
- 5) $2 \text{ P (s)} + 3 \text{ Cl}_2 \text{ (g)} \rightarrow 2 \text{ PCl}_3 \text{ (s)}$

1. Hoeveel mol Br₂ reageert met 12 mol K (Rv. 1)
2. Hoeveel mol KCl ontstaat er als er 8 mol KClO₃ ontleedt. (Rv. 2)
3. Hoeveel mol NH₃ kan er ontstaan als er 9 mol H₂ met voldoende N₂ reageert. (Rv. 3)
4. Hoeveel mol Na₂O ontstaat er uit 9 mol Na en voldoende zuurstof. (Rv. 4)
5. Hoeveel mol P en Cl₂ heb je nodig voor de vorming van 13 mol PCl₃.

Geef de molverhoudingen van de volgende reacties:

6. De productie van ammoniak (NH₃) uit waterstof en stikstof.
7. De ontleding van chroom(III)chloride (CrCl₃) in chroom en chloor.
8. De verbranding van koolstofmonoxide.
9. De verbranding van C₂H₂.

Stapje moeilijker Hoofdstuk 3

Gebruik bij de volgende vragen de volgende kloppende reactievergelijkingen:

- 6) $2 \text{SO}_2 (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow 2 \text{SO}_3 (\text{g})$
- 7) $2 \text{ZnO} (\text{s}) \rightarrow 2 \text{Zn} (\text{s}) + \text{O}_2 (\text{g})$
- 8) $\text{C}_3\text{H}_8 (\text{g}) + 5 \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow 3 \text{CO}_2 (\text{g}) + 4 \text{H}_2\text{O} (\text{l})$
- 9) $2 \text{P}_2\text{O}_3 (\text{s}) \rightarrow 4 \text{P} (\text{s}) + 3 \text{O}_2 (\text{g})$
- 10) $2 \text{Al} (\text{s}) + 3 \text{Cl}_2 (\text{g}) \rightarrow 2 \text{AlCl}_3 (\text{s})$

Je bent verplicht alle vragen uit te schrijven volgens het stappenplan!

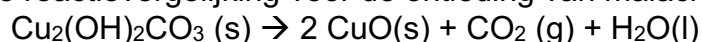
10. Hoeveel mol SO_3 ontstaat er bij de verbranding van 10,0 gram SO_2 . (Rv. 6)
11. Hoeveel gram ZnO moet je ontleden om 5,12 gram O_2 te krijgen (Rv. 7).
12. Hoeveel gram water ontstaat er bij de volledige verbranding van 12 gram C_3H_8 (Rv. 8)
13. Hoeveel gram zuurstof ontstaat er bij de ontleding van 0,12 gram P_2O_3 (Rv. 9)
11. Hoeveel gram chloor en aluminium is er nodig om 15,3 gram AlCl_3 te maken (Rv. 10)
14. Hoeveel gram water ontstaat er bij de verbranding van 8,4 mol C_5H_{12} .
15. Hoeveel gram zuurstof is er nodig bij de verbranding van 11,0 gram C_2H_2 .

Extra molrekenopgaven

Salmiak, $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$, kan gemaakt worden door waterstofchloride, $\text{HCl}(\text{g})$, te laten reageren met ammoniak, $\text{NH}_3 (\text{g})$.

1. Geef de vergelijking van de reactie voor de vorming van salmiak.
2. Bereken hoeveel gram HCl en NH_3 je nodig hebt om 25,0 gram salmiak te maken.

Hieronder staat de reactievergelijking voor de ontleding van malachiet:



3. Harry ontleedt 1,00 gram malachiet. Bereken hoeveel gram koperoxide er ontstaat.

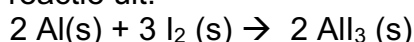
Fosforzuur (H_3PO_4) is goed oplosbaar in water. Een oplossing van 50,0 mL heeft een fosforzuurconcentratie van 0,850 mol per liter.

4. Bereken hoeveel mmol fosforzuur er in deze oplossing zit.
5. Bereken hoeveel gram fosforzuur dit is.

De dichtheid van broom, Br_2 , is 3,14 kg/L.

6. Bereken hoeveel gram tin met 400 mL broom kan reageren tot tin(IV)bromide, SnBr_4 .
7. Bereken hoeveel gram tin(IV)bromide wordt gevormd.

Iemand voert onderstaande reactie uit:



Voor deze reactie wordt 45,2 gram jood gebruikt.

8. Bereken hoeveel gram aluminiumjodide er ontstaat.
9. Hoeveel aluminium is er nodig om de reactie te laten verlopen?