

Hoofdstuk 5: KWANTITATIEVE ASPECTEN VAN CHEMISCHE REACTIES**1. BELANGRIJKE BEGRIPPEN****1.1. Relatieve Atoommassa (A_r)**

A_r = een onbenoemd getal dat de verhouding weergeeft van de atoommassa van het atoom tot de atoommassa-eenheid.

De atoommassa-eenheid is arbitrair gekozen en is nu gelijkgesteld aan 1/12de van de massa van het koolstof-12 isotoop en is gelijk aan $1,66 \cdot 10^{-27}$ kg.

Bv. Wat is de A_r van Koolstof?

Koolstof heeft een atoommassa = $19,94 \cdot 10^{-27}$ kg

$A_r(\text{C}) = (19,94 \cdot 10^{-27} \text{ kg} / 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}) = 12,01$.

1.2. Relatieve Molecuulmassa (M_r)

M_r = een onbenoemd getal dat de verhouding weergeeft van de molecuulmassa tot de atoommassa-eenheid.

PRAKTISCH wordt de M_r berekend door de som te maken van de Relatieve Atoommassa's.

Bv: bereken de molecuulmassa van volgende moleculen:

H_2O

Rel. Atoommassa van H=1 en van O=16.

Dus: $M_r(\text{H}_2\text{O}) = 2 \times 1 + 16 = 18$

$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$

Rel. Atoommassa van Zn=65,38 en van N=14 en van O= 16.

Dus $M_r(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2) = 65,38 + 2 \times 14 + 6 \times 16 = 189,38$

1.3. Mol

Avogadro heeft bewezen dat als we een hoeveelheid stof nemen die overeenkomt met de A_r of de M_r er in deze hoeveelheid stof altijd juist $6,022 \times 10^{23}$ atomen, resp. moleculen, zullen bevinden. Men noemt dit daarom **het getal van Avogadro (N_A)**

1 mol = de hoeveelheid van een stof die $6,022 \cdot 10^{23}$ deeltjes (atomen, moleculen, ionen) bevat.

De molaire massa (M) is zoveel gram van een stof als aangegeven wordt door de M_r .

Dus is

$M(\text{C}) = 12 \text{ g/mol}$

$M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ g/mol}$

$M(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2) = 189,38 \text{ g/mol}$

Het molair volume (V_m) van een gas = het volume dat overeenkomt met 1 mol van een gas.

Onder zgn. 'normale' omstandigheden van druk en temperatuur dus bij 1013 hPa en 293°K (= 1 atm druk en 20°C) is het **molair volume = 22,4 liter**.

Uitgewerkte oefeningen:

Voorbeeld 1: Bereken het aantal mol zwavelzuur in 196 gram H_2SO_4 .

$$M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \times 1 + 32 + 4 \times 16 = 98$$

Dus 196 gram bevat $196 \text{ g} : 98 \text{ g/mol} = 2 \text{ mol}$ zwavelzuur.

Voorbeeld 2: Bereken het aantal mol, aantal moleculen en aantal atomen in 2,1 g N_2 gas.

$$A_r(\text{N}) = 14 \text{ en dus is } M_r(\text{N}_2) = 28.$$

$$\text{Dus aantal mol in } 2,1 \text{ g stikstof} = 2,1/28 = 0,075 \text{ mol } \text{N}_2$$

$$\text{Het aantal moleculen } \text{N}_2 = 0,075 \times 6,022 \cdot 10^{23} = 4,52 \cdot 10^{22} \text{ moleculen.}$$

$$\text{Het aantal atomen} = 2 \times \text{aantal moleculen} = 2 \times 4,52 \cdot 10^{22} = 9,04 \cdot 10^{22} \text{ atomen.}$$

1.4. Molariteit of molaire concentratie (c)

De molariteit = het aantal mol opgeloste stof per liter oplossing

Voorbeeld:

In een flesje van 250 ml wordt 20g NaOH gebracht. Het flesje wordt dan gevuld met water en de NaOH lost op. Wat is de concentratie van deze oplossing?

Eerst bepalen we de M_r van NaOH:

$$\text{Atoommassa van Na} = 23, \text{ O} = 16, \text{ H} = 1 \text{ en dus is } M_r(\text{NaOH}) = 40.$$

$$20 \text{ g NaOH is dus } 20/40 \text{ mol NaOH} = 0,5 \text{ mol NaOH.}$$

We hebben dus 0,5 mol NaOH in 250 ml water en dus per liter water $4 \times 0,5 = 2 \text{ mol NaOH}$.

De bekomen oplossing heeft dus een concentratie van 2 molair of 2M NaOH.

1.5. Concentraties anders uitgedrukt

De concentratie van een stof uitdrukken in molariteit (mol/liter) is maar één van de vele manieren waarop we een concentratie uitdrukken.

Molariteit is wel de meest gebruikte uitdrukking van concentratie in de scheikunde omdat dit in belangrijke mate de stoichiometrische berekeningen vereenvoudigt (zie 2.2)

Andere uitdrukkingen van concentratie zijn:

Aantal g opgeloste stof per 100 g oplossing noemt men **massaprocent (m%)**

Aantal ml opgeloste stof per 100 ml oplossing noemt men **volumeprocent (V%)**

Aantal g opgeloste stof per 100 ml oplossing noemt men **procent (%)**

Aantal g opgeloste stof per 1000 ml oplossing noemt men **promille (‰)**

Aantal deeltjes per miljoen (= parts per million) noemt men **ppm**

Aantal deeltjes per miljard (= parts per billion) noemt men **ppb**

Men kan ook de massa per volume-eenheid weergeven bv. gram/liter, gram/cm³,...

Dit wordt de **dichtheid** van een oplossing genoemd.

Enkele voorbeelden:

Bij de alcoholcontrole wordt de concentratie alcohol in bloed uitgedrukt in promille, dus als het aantal gram alcohol per liter bloed.

De concentratie van CO₂ in de uitlaatgassen wordt uitgedrukt in % (volumeprocenten)

De luchtvervuiling door dioxines wordt weergegeven in ppb

1.6. Verdunningen

De molaire concentratie = aantal mol/volume

$$\text{of } c = n/V \text{ en dus ook } n = c \cdot V$$

Bij het toevoegen van water aan een oplossing blijft het aantal mol gelijk, maar de concentratie en het volume veranderen.

Voor het verdunnen heeft men dus $n = c_1 \cdot V_1$
 Na het verdunnen heeft men $n = c_2 \cdot V_2$

En aangezien n gelijk blijft is $c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2$

Voorbeeld:

We hadden in ons vorig voorbeeld 250 ml 2M NaOH oplossing.

Wat wordt de molariteit als we aanlengen tot 750 ml?

$V_1 = 250$ ml en $c_1 = 2$ M

$V_2 = 750$ ml en $c_2 = ?$

We weten dat: $c_1 \cdot V_1 = c_2 \cdot V_2$

en dus 250 ml \times 2 M = 750 ml \times c_2

Daaruit berekenen we dat $c_2 = 250$ ml \times 2 M / 750 ml = $2/3$ M (=0,6666 M)

2. STOECHEMETRISCHE BEREKENINGEN

2.1. Wat is "stoechiometrie"?

Het woord stoechiometrie is afgeleid van de Griekse woorden 'stoecheion' wat 'element' betekent en van 'metron' wat 'meten' betekent.

Benjamin Richter gaf volgende definitie in 1892:

"Die Stöchiometrie ist die Wissenschaft die quantitativen oder Massenverhältnisse zu messen in welchen die chymische Elemente gegen einander stehen"

Stoechiometrie gaat dus over de berekeningen van de massa's (soms van de volumes) van de reagerende stoffen en van de eindprodukten in een chemische reactie.

2.2. Een typisch stoechiometrisch probleem:

Gegeven is de reactievergelijking $2A + 2B \rightarrow 3C$

Als we nu 20 gram van reagens A hebben en overschot aan reagens B, hoeveel gram C wordt er dan gevormd ?

Werkwijze voor de oplossing:

Verzeker u ervan dat de chemische reactievergelijking juist is opgesteld

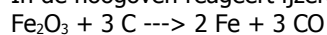
Zet de massa's van de reactieprodukten om in mol, gebruik makend van de relatieve molecuulmassa

Doe de berekeningen in mol

Doe weer de omrekening van mol naar de gevraagde eenheden

2.2. Uitgewerkte voorbeelden:

In de hoogoven reageert ijzeroxide met koolstof om aldus ijzer en koolstofmonoxide te vormen volgens de reactie



Hoeveel ijzer zal er gevormd worden uitgaande van 31,94 gram ijzeroxide?

Oplossing:

De reactievergelijking leert dat we 1 mol Fe_2O_3 reageert met 3 mol C en uiteindelijk 2 mol Fe levert.

$$M_r(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 2(55,85) + 3(16) = 159,70$$

$$\text{Aantal mol Fe}_2\text{O}_3 = 31,94/159,70 = 0,2 \text{ mol.}$$

Dus zal er $2 \times 0,2$ mol Fe of 0,4 mol Fe geproduceerd worden.

$$A_r(\text{Fe}) = 55,85$$

Er wordt dus $0,4 \times 55,85$ g Fe gevormd = 22,34 g Fe.

Hoeveel liter zuurstof wordt er gevormd (bij normale omstandigheden van druk en temperatuur) als 340 g waterstofperoxide ontbindt?

Oplossing:

De reactievergelijking: $2 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$

Dus 2 mol H_2O_2 levert 1 mol O_2

$M_r(\text{H}_2\text{O}_2) = 2(1) + 2(16) = 34$

Dus 340 g $\text{H}_2\text{O}_2 = 10 \text{ mol}$

Bijgevolg wordt er $10/2 = 5 \text{ mol O}_2$ gevormd.

Aangezien 1 mol gas onder normale omstandigheden = 22,4 l wordt er dus $5 \times 22,4 \text{ l} = 112 \text{ l O}_2$ gevormd.

OEFENINGEN

1. Vervolledig de volgende reactievergelijkingen:

.. $\text{Na} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{NaCl}$

.. $\text{CuSO}_4 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Cu(OH)}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$

.. $\text{CaC}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + \text{Ca(OH)}_2$

.. $\text{CuSO}_4 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Cu(OH)}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$

.. $\text{C}_3\text{H}_8 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

.. $\text{CaCN}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{NH}_3$

.. $\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{NO}$

.. $\text{CCl}_4 + \text{HF} \rightarrow \text{CCl}_2\text{F}_2 + \text{HCl}$

.. $\text{KCN} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{HCN} + \text{K}_2\text{SO}_4$

.. $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{C} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO}_2$

.. $\text{Al(OH)}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{AlCl}_3 + \text{H}_2\text{O}$

.. $\text{C}_4\text{H}_8 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

.. $\text{C}_3\text{H}_8 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}$

.. $\text{C}_4\text{H}_{10} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

.. $\text{FeS}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SO}_2$

.. $\text{C} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{CS}_2 + \text{CO}$

.. $\text{NH}_4\text{OH} + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow (\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

2. Geef van de volgende elementen de elektronenconfiguratie.

Bepaal aan de hand van de configuratie in welke groep en in welke periode het element thuishoort.

Magnesium (atoomgetal = 12)

Chloor (atoomgetal = 17)

Mangaan (atoomgetal = 25)

Barium (atoomgetal 56)

3. Chemische reacties

Hoeveel gram is:

1 mol CO

0,5 mol H_2SO_4

3,5 mol H_3PO_4

1,8 mol $\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3$

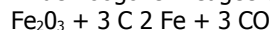
Hoeveel mol hebben we in de volgende produkten:

9 gram water

80 gram NaOH

Hoeveel weegt 33,6 liter O₂ bij normale omstandigheden van druk en temperatuur?

In de hoogoven reageert ijzeroxide reageert met koolstof en vormt ijzer en koolstofmonoxide volgens de reactie:



Hoeveel gram ijzer wordt er zo gevormd uit 31,94 gram ijzeroxide?

De atoommassa (A_r) van ijzer = 55,85, zuurstof = 16 en koolstof = 12

Hoeveel liter zuurstof (O₂) wordt er gevormd bij de ontbinding van 340 gram waterstofperoxide?

De reactievergelijking: $2 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$

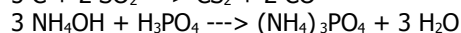
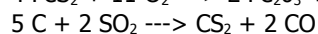
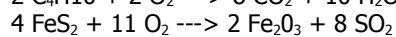
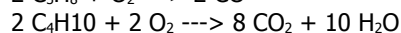
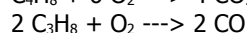
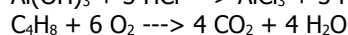
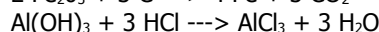
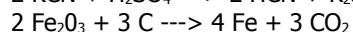
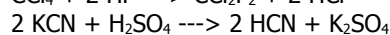
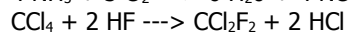
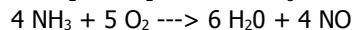
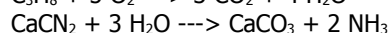
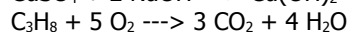
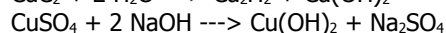
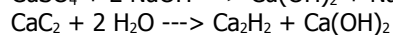
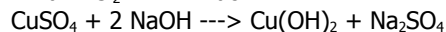
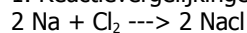
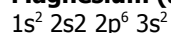
A_r(O)=16; A_r(H)=1

Bij verbranding wordt uit 1,4 g Si uiteindelijk 3,0 g SiO₂ gevormd.

Wat is de A_r van Si als de A_r(O) = 16?

OPLOSSINGEN**I. Reactievergelijkingen en elektronenconfiguratie**

1. Reactievergelijkingen

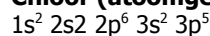
**2. Elektronenconfiguratie, groep en periode.****Magnesium (atoomgetal = 12)**

Mg heeft 2 valentie-elektronen dus behoort tot groep II.

Deze e⁻ zijn ook laatst geplaatst in de laatste orbitaal. D.w.z. hoofdgroep.

Magnesium behoort dus tot groep IIa.

Deze e⁻ zijn van de 3de schil, dus behoort Mg tot de 3de periode.

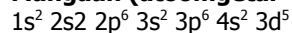
Chloor (atoomgetal = 17)

Mg heeft 7 valentie-elektronen dus behoort tot groep II.

Deze e⁻ zijn ook laatst geplaatst in de laatste orbitaal. D.w.z. hoofdgroep.

Magnesium behoort dus tot groep VIIa.

Deze e⁻ zijn van de 3de schil, dus behoort Cl tot de 3de periode.

Mangaan (aatomgetal = 25)

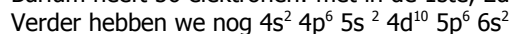
Mg heeft in de buitenste orbitalen 7 valentie- e^- , namelijk 5 e^- in 3d + 2 e^- in 4s orbitalen en behoort dus tot groep VII.

Deze e^- zijn niet in de laatste orbitaal, d.w.z. nevangroep en dus groep VIIb.

Deze e^- zijn van de 4de schil, dus behoort Mn tot de 4de periode.

Barium (aatomgetal 56)

Barium heeft 56 elektronen: met in de 1ste, 2de en 3de schaal rep. 2,8 en 18 e^-



Ba heeft 2 valentie- e^- en deze zitten in de 6de schil dus

Ba zit in groep IIa en in de 6de periode.

3. Chemische reacties**Hoeveel gram is:****1 mol CO ?**

$$A_r(C) = 12; A_r(O) = 16$$

$$\text{dus is 1 mol CO} = 12 + 16 = 28 \text{ g CO}$$

0,5 mol H₂SO₄ ?

Atoommassa van H = 1, van O = 16 en van S = 32

$$\text{dus 1 mol H}_2\text{SO}_4 \text{ weegt } 2 \times 1 + 32 + 4 \times 16 = 98 \text{ g}$$

$$\text{en 0,5 mol H}_2\text{SO}_4 \text{ weegt 49 g}$$

3,5 mol H₃PO₄ ?

A_r van H = 1, van P = 31 en van O = 16

$$\text{dus 1 mol H}_3\text{PO}_4 \text{ weegt } 3 \times 1 + 31 + 4 \times 16 = 98 \text{ g}$$

$$\text{en 3,5 mol H}_3\text{PO}_4 \text{ weegt 343 g}$$

1,8 mol Al₂(CO₃)₃ ?

A_r van Al = 27, van C = 12 en van O = 16

$$\text{dus 1 mol Al}_2(\text{CO}_3)_3 \text{ weegt } 2 \times 27 + 3 \times 12 + 9 \times 16 = 234 \text{ g}$$

$$\text{en 1,8 mol Al}_2(\text{CO}_3)_3 \text{ weegt 421,2 g}$$

Hoeveel mol hebben we in de volgende produkten:**9 gram water**

De formule van water is H₂O (A_r van H = 1 en van O = 16)

$$1 \text{ mol water weegt dus } 2 + 16 = 18 \text{ g}$$

$$18 \text{ g} = 1 \text{ mol water}$$

$$1 \text{ g} = 1/18 \text{ mol water}$$

$$9 \text{ g} = 1/18 \times 9 = 1/2 \text{ mol water}$$

80 gram NaOH

$$1 \text{ mol NaOH weegt } 23 + 16 + 1 = 40 \text{ g}$$

$$40 \text{ g} = 1 \text{ mol NaOH}$$

$$1 \text{ g} = 1/40 \text{ mol NaOH}$$

$$80 \text{ g} = 1/40 \times 80 = 2 \text{ mol NaOH}$$

Wat is het gewicht van 33,6 liter O₂ bij normale omstandigheden (n.o.) van druk en temperatuur?

We weten dat 1 mol gassen bij n.o. = 22,4 liter
 22,4 l = 1 mol
 1 l = 1/22,4 mol
 33,6 l = 1/22,4 x 33,6 = 1,5 mol O₂
 De molecuulmassa van O₂ = 2x16 = 32 dus 1 mol O₂ weegt 32 g
 1,5 mol O₂ weegt dus 1,5x32 = 48 g

In de hoogoven reageert ijzeroxide met koolstof en vormt ijzer en koolstofmonoxide volgens de reactie: Fe₂O₃ + 3 C → 2 Fe + 3 CO
Hoeveel gram ijzer wordt er zo gevormd uit 31,94 gram ijzeroxide?

De atoommassa (A_r) van ijzer = 55,85, zuurstof = 16 en koolstof = 12
 Uit de reactievergelijking leren we dat 1 mol Fe₂O₃ uiteindelijk 2 mol Fe oplevert.
 1 mol Fe₂O₃ weegt 2x55,85 + 3x16 = 159,7 g
 159,7 g = 1 mol Fe₂O₃
 1 g = 1/159,7 mol
 31,94 g = 1/159,7 x 31,94 mol = 0,2 mol Fe₂O₃
 En dus wordt er 2x0,2 = 0,4 mol Fe gevormd of dus 0,4x55,85 g = 22,34 g Fe

Hoeveel liter zuurstof (O₂) wordt er gevormd bij de ontbinding van 340 gram waterstofperoxide?

De reactievergelijking: 2 H₂O₂ → 2 H₂O + O₂
 A_r(O)=16; A_r(H)=1

Uit de reactievergelijking leren we dat 2 mol 2 H₂O₂ bij ontbinding 1 mol O₂ oplevert.
 De molecuulmassa van H₂O₂ = 2x1 + 2x16 = 34
 Dus is 340 g H₂O₂ = 340/34 = 10 mol
 Aangezien 2 mol H₂O₂ 1 mol O₂ geeft krijgen we dus 10/2 = 5 mol O₂.
 Het volume van 1 mol gas bij n.o. = 22,4 liter
 Dus hebben we 5x22,4 l = 112 l O₂

Bij verbranding wordt uit 1,4 g Si uiteindelijk 3,0 g SiO₂ gevormd.
Wat is de A_r van Si als de A_r(O) = 16?

De reactievergelijking: Si + O₂ → SiO₂
 Dus 1 mol Si + 1 mol O₂ → 1 mol SiO₂
 M_r(Si) is gevraagd. We stellen M_r(Si) = x.
 Het beginproduct = 1,4 g Si en dit levert 3,0 g SiO₂.
 Dus is er 3,0 - 1,4 = 1,6 g O in het eindproduct SiO₂.
 De atoommassa van O = 16. Per mol SiO₂ is er 2x16 = 32 g O aanwezig.
 Als er in SiO₂ 1,6 g O zit, dan hebben we hier dus:
 32 g O <=> 1 mol SiO₂
 1 g O <=> 1/32 mol SiO₂
 1,6 g O <=> 1/32 x 1,6 = 0,05 mol SiO₂
 Dus is er ook 0,05 mol Si als beginproduct. En de atoommassa van Si is dus :
 0,05 mol = 1,4 g Si 1 mol = 1,4/0,05 = 28 g Si
 De atoommassa van Si = 28