



## Hoofdstuk 4

### *Chemische reacties*

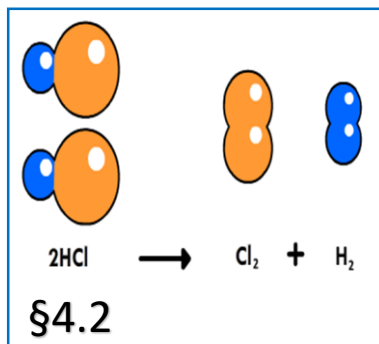
---



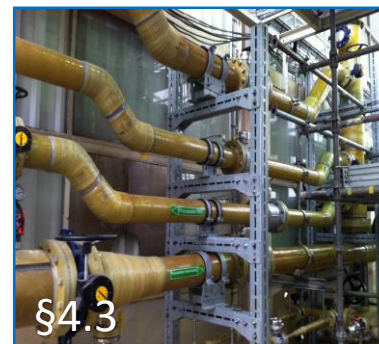
## Paragrafen



Kenmerken van een reactie

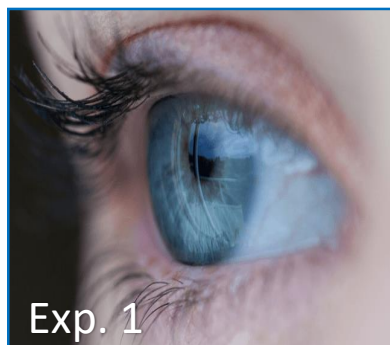


Reactievergelijkingen

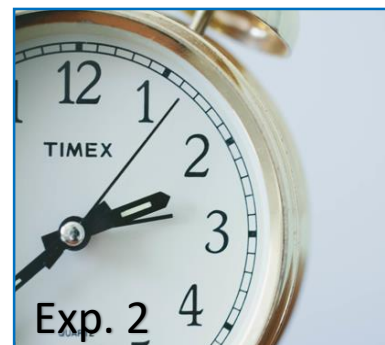


Rekenen aan reacties

## Practica



Waarnemen



Reactiesnelheid

## §4.1 Kenmerken van een reactie



### Je leert:

- Wat een chemische reactie is;
- Welke kenmerken een chemische reactie heeft;
- Welke factoren invloed hebben op de reactiesnelheid.



*Een voorbeeld van een chemische reactie is de reactie van siervuurwerk met zuurstof. De prachtige kleuren worden veroorzaakt door een mengsel van metaalverbindingen dat aan het kruitmengsel wordt toegevoegd.*





### Hoe herken je een chemische reactie?

In hoofdstuk 2 hebben we gezien dat je stoffen kunt mengen. Soms is het zo dat je de stoffen in een mengsel weer van elkaar kunt scheiden: de stoffeigenschappen zijn niet veranderd.

Soms treden er wel veranderingen op, bijvoorbeeld wanneer je magnesium verhit. Magnesium is een grijs metaal, maar tijdens het verhitten ontstaat een wit licht en er blijft een witte vaste stof over. Er zijn dus stoffeigenschappen veranderd.

De stof magnesium, de **beginstof**, is verdwenen en daarvoor in de plaats is een nieuwe stof, het **reactieproduct**, gekomen. Door het verwarmen van magnesium is een chemische reactie opgetreden. Het verdwijnen van de beginstoffen en het ontstaan van reactieproducten is een kenmerk van een **chemische reactie**.

### Hoe herken je een chemische reactie?

Niet elke stof verandert bij verwarmen: kaarsvet smelt als je het verwarmt. Laat je het afkoelen, dan wordt het kaarsvet weer vast. Tijdens het smelten van kaarsvet zijn de stoffeigenschappen niet veranderd. Een faseverandering is dus *géén* chemische reactie.





### Exotherm en endotherm

Bij de verbranding van magnesium komt *energie* vrij in de vorm van licht en warmte. Een reactie waarbij energie, bijvoorbeeld warmte, licht of elektrische energie vrijkomt, noemen we een **exotherme reactie**. Het verbranden van magnesium is dus een exotherme reactie.

Een reactie die alleen verloopt als er energie, bijvoorbeeld warmte of licht, wordt opgenomen, noemen we een **endotherme reactie**. Als je een witte vulling in je kies krijgt, gebruikt de tandarts licht om te zorgen dat de reactie verloopt die voor het uitharden van de vulling zorgt. Dit is een voorbeeld van een endotherme reactie.

Bij elke chemische reactie treedt een **energie-effect** op.





### De wet van behoud van massa

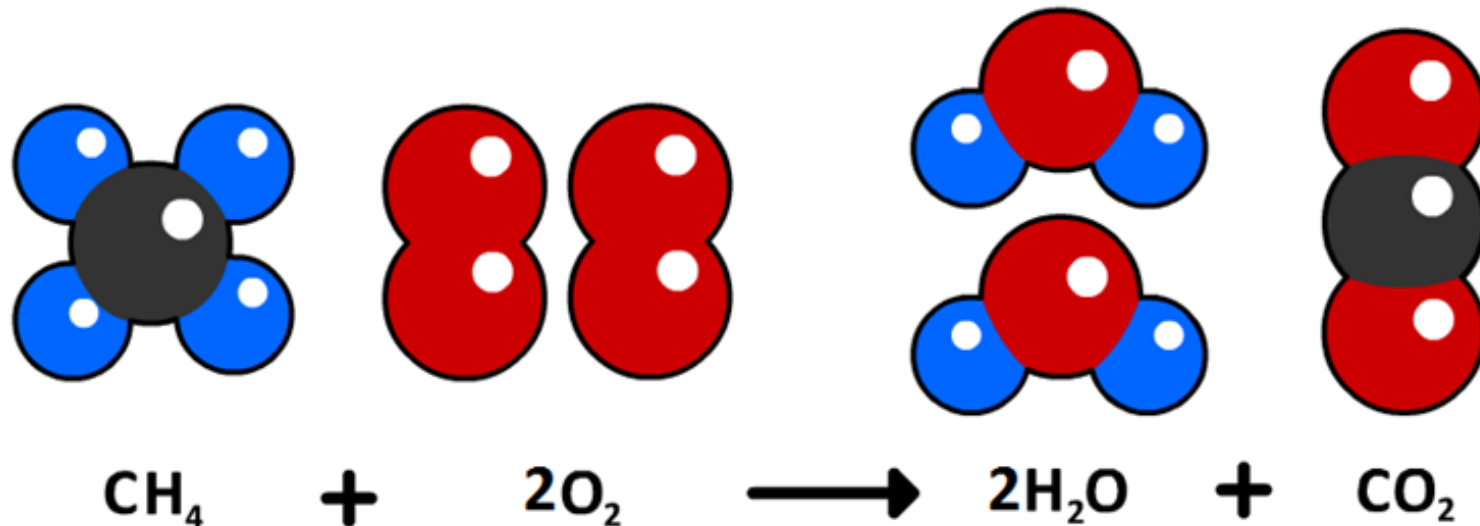
Op grond van zijn experimenten met chemische reacties formuleerde de Franse scheikundige Antoine Laurent Lavoisier (1743 - 1794) tegen het einde van de achttiende eeuw een regel die we nog steeds kennen als de wet van Lavoisier:

*Bij een chemische reactie is de totale massa van de beginstoffen gelijk aan de totale massa van de reactieproducten.*

De **wet van Lavoisier** wordt ook wel de wet van behoud van massa genoemd. Er gaan immers geen atomen verloren en er komen ook geen atomen bij. Ze worden alleen maar op een andere manier gerangschikt.

### De wet van behoud van massa

Soms lijkt het alsof tijdens een reactie de massa groter of kleiner wordt. Bijvoorbeeld als één van de reactieproducten of beginstoffen een gas is. Maar als je de gassen mee weegt, zie je dat de massa vóór en na de reactie toch even groot is. Het **behoud van massa** is een kenmerk van een chemische reactie.







### Reactietemperatuur

Een chemische reactie kan niet bij elke temperatuur verlopen. Voor elke chemische reactie is een bepaalde minimale temperatuur nodig. Dit noemen we de **reactietemperatuur**. Is de temperatuur lager dan de reactietemperatuur, dan verloopt de reactie niet vanzelf.

Neem bijvoorbeeld papier, papier is brandbaar, toch verbrandt papier niet bij kamertemperatuur. Dat gebeurt pas bij een veel hogere temperatuur. De reactietemperatuur voor de verbranding van papier, ook wel de ontbrandings-temperatuur genoemd, is blijkbaar veel hoger dan kamertemperatuur.



### Reactietemperatuur

Kenmerken van een reactie zijn dus:

- beginstoffen veranderen in reactieproducten, de stoffeigenschappen zijn veranderd;
- er is altijd een energie-effect;
- de totale massa van de beginstoffen is gelijk aan de totale massa van de reactieproducten;
- er is altijd een bepaalde reactietemperatuur nodig om de reactie te laten verlopen.



### Reactiesnelheid

Niet alle chemische reacties verlopen even snel. Er zijn vijf factoren die invloed hebben op de snelheid waarmee een chemische reactie verloopt:

1. Als je magnesium en zink allebei laat reageren met waterstofchloride dan reageert magnesium veel sneller met waterstofchloride dan zink. De soort **beginstof** heeft dus invloed op de **reactiesnelheid**.



## §4.1 Kenmerken van een reactie

### Reactiesnelheid – soort beginstof



[https://www.youtube.com/watch?v=hbctH4\\_MvuE](https://www.youtube.com/watch?v=hbctH4_MvuE)



### Reactiesnelheid

Niet alle chemische reacties verlopen even snel. Er zijn vijf factoren die invloed hebben op de snelheid waarmee een chemische reactie verloopt:

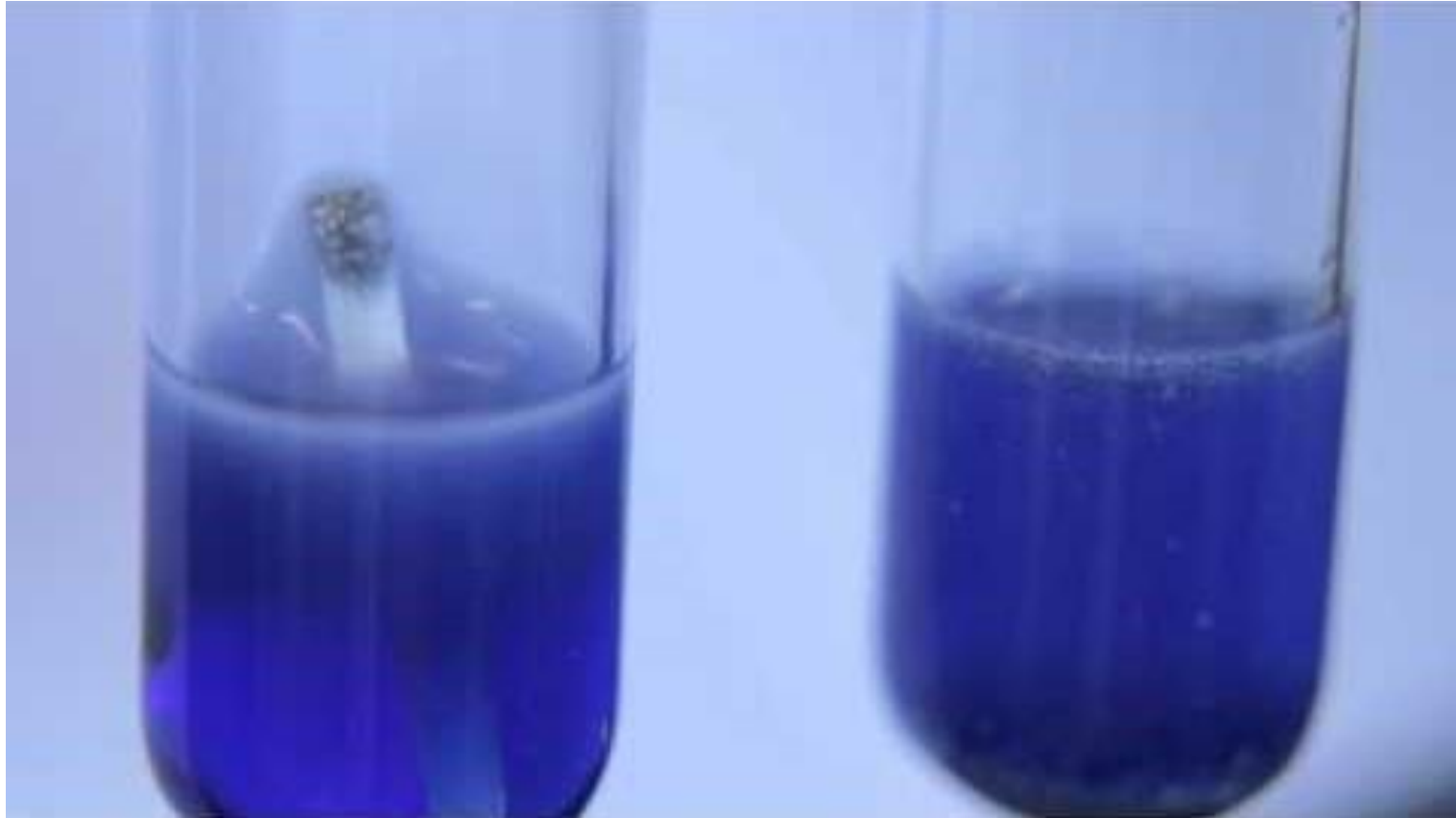
1. Als je magnesium en zink allebei laat reageren met waterstofchloride dan reageert magnesium veel sneller met waterstofchloride dan zink. De soort **beginstof** heeft dus invloed op de **reactiesnelheid**.
2. Magnesium*poeder* reageert veel sneller met waterstofchloride dan magnesium*lint*. Bij een gelijke hoeveelheid magnesium heeft de poedervorm een veel groter oppervlak dan het lint. Kennelijk zorgt een grotere **verdelingsgraad** voor een grotere reactiesnelheid.





## §4.1 Kenmerken van een reactie

### Reactiesnelheid – verdelingsgraad



<https://www.youtube.com/watch?v=nd-LgmzZlas&t>



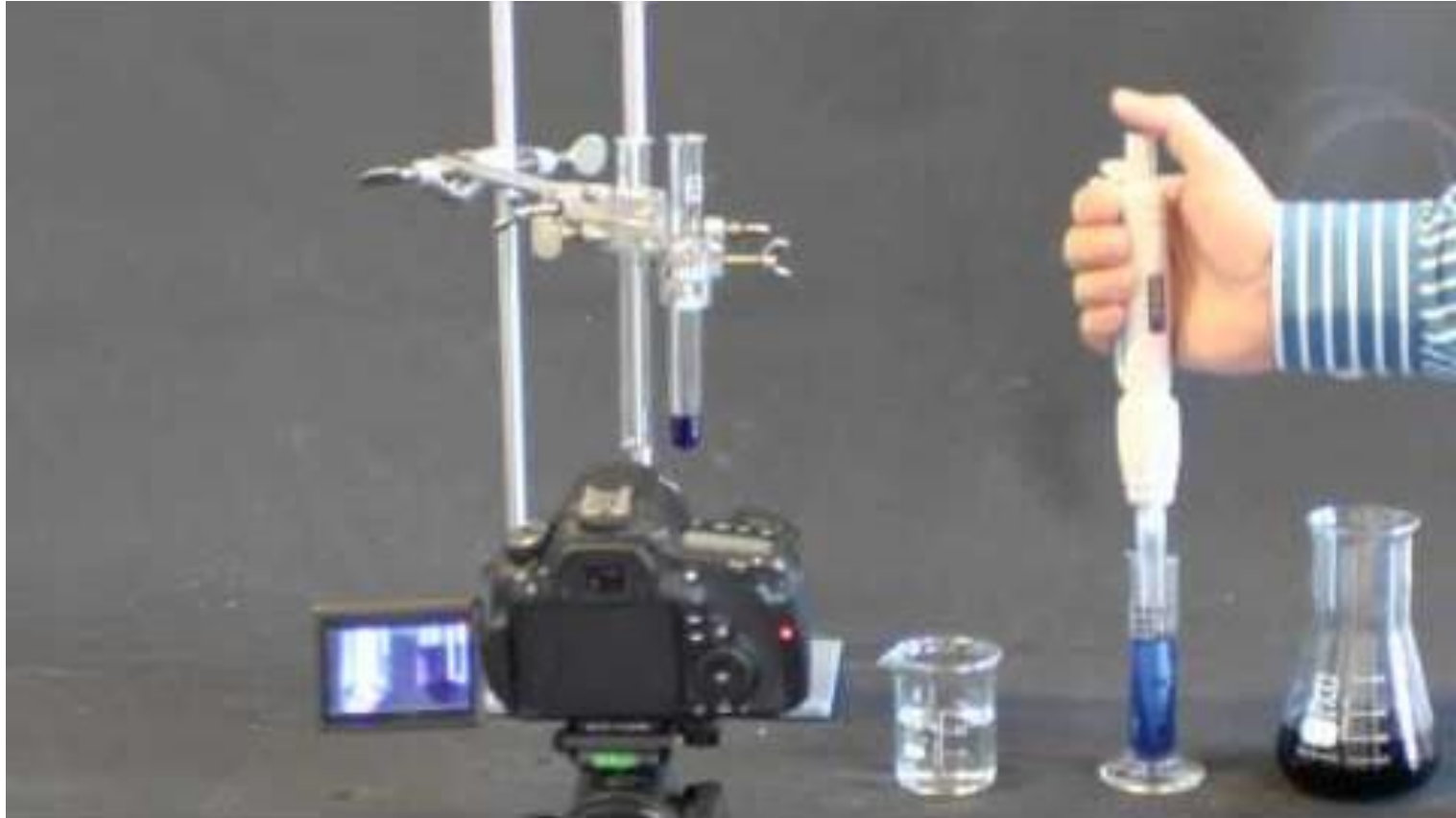
### Reactiesnelheid

Niet alle chemische reacties verlopen even snel. Er zijn vijf factoren die invloed hebben op de snelheid waarmee een chemische reactie verloopt:

1. Als je magnesium en zink allebei laat reageren met waterstofchloride dan reageert magnesium veel sneller met waterstofchloride dan zink. De soort **beginstof** heeft dus invloed op de **reactiesnelheid**.
2. Magnesium*poeder* reageert veel sneller met waterstofchloride dan magnesium*lint*. Bij een gelijke hoeveelheid magnesium heeft de poedervorm een veel groter oppervlak dan het lint. Kennelijk zorgt een grotere **verdelingsgraad** voor een grotere reactiesnelheid.
3. De reactiesnelheid is hoger als de hoeveelheid waterstofchloride per mL oplossing groter is. We noemen dat een verschil in **concentratie**. Hoe groter de concentratie, des te groter de reactiesnelheid.

## §4.1 Kenmerken van een reactie

### Reactiesnelheid – concentratie



<https://www.youtube.com/watch?v=X6sWzkFyjXY>



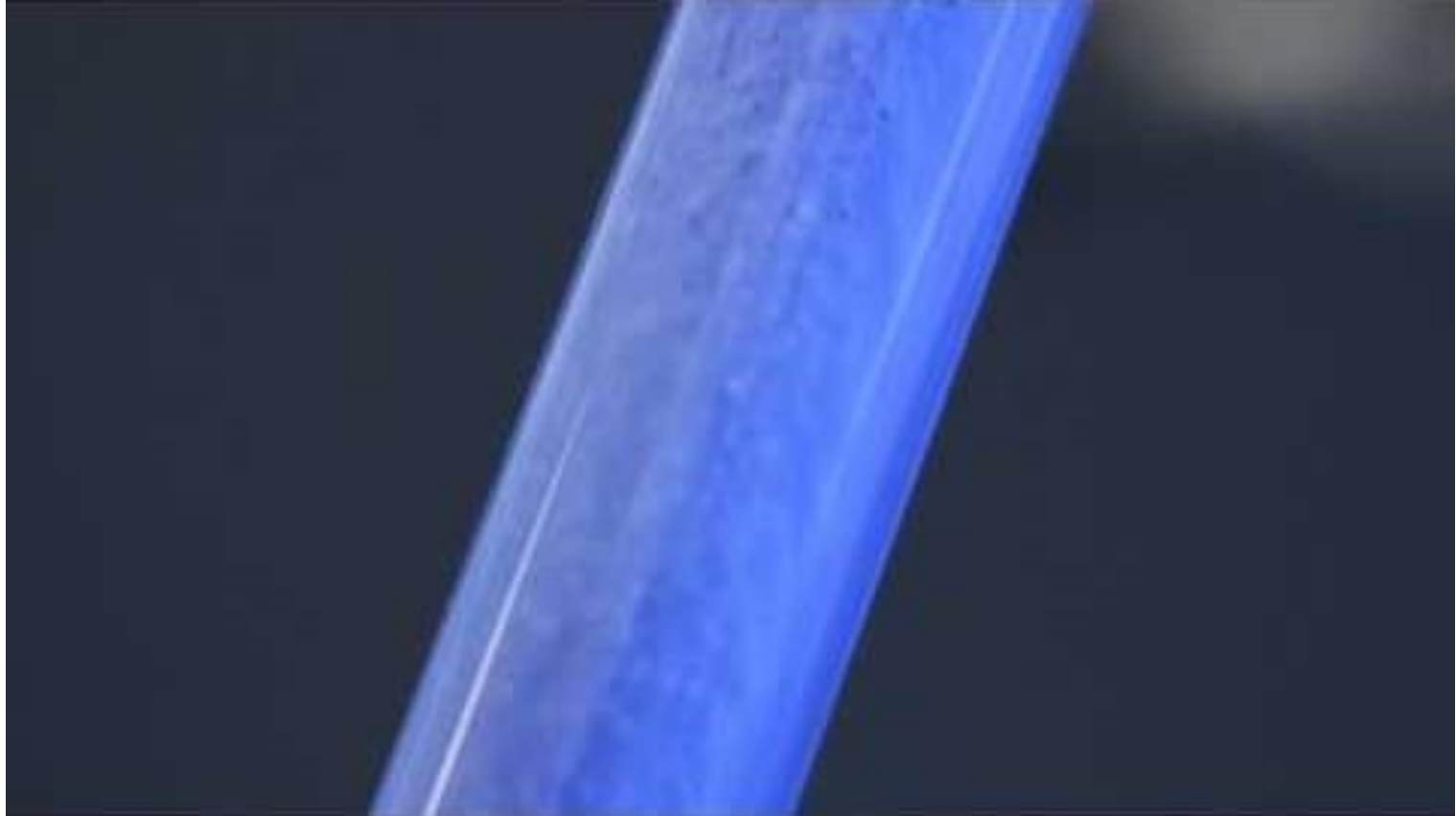
## §4.1 Kenmerken van een reactie

### Reactiesnelheid

Niet alle chemische reacties verlopen even snel. Er zijn vijf factoren die invloed hebben op de snelheid waarmee een chemische reactie verloopt:

4. De reactiesnelheid wordt groter als de **temperatuur** hoger wordt.

### Reactiesnelheid – temperatuur



[https://www.youtube.com/watch?v=Fa\\_GXl6uuaQ&t](https://www.youtube.com/watch?v=Fa_GXl6uuaQ&t)





### Reactiesnelheid

Niet alle chemische reacties verlopen even snel. Er zijn vijf factoren die invloed hebben op de snelheid waarmee een chemische reactie verloopt:

4. De reactiesnelheid wordt groter als de **temperatuur** hoger wordt.
5. Ten slotte kun je de reactiesnelheid beïnvloeden met een hulpstof. Deze hulpstof noem je een **katalysator** en deze zorgt ervoor dat een reactie sneller verloopt. Een katalysator wordt tijdens de reactie wel gebruikt, maar raakt niet op. Aan het einde van de reactie is er nog evenveel van de toegevoegde katalysator over.

## §4.1 Kenmerken van een reactie

### Reactiesnelheid – katalysator



<https://www.youtube.com/watch?v=9iEwubnaPAw>



### Je kunt nu:

- Uitleggen wanneer een proces een chemische reactie is;
- Vier kenmerken van een chemische reactie noemen en je kunt:
  - Werken met de termen beginstof en reactieproduct;
  - Uitleggen wat wordt bedoeld met het begrip energie-effect;
  - Toelichten wat een exotherme en een endotherme reactie is;
  - Uitleggen dat een reactie niet bij elke temperatuur verloopt;
  - Werken met de wet van behoud van massa.
- Vijf factoren noemen die van invloed zijn op de snelheid van een reactie.

## §4.2 Reactievergelijkingen

### Je leert:

- Wat het verschil is tussen een reactieschema en een reactievergelijking;
- Een kloppende reactievergelijking opstellen.

*Zoals deze koorddanser in de Alpen ervoor moet zorgen dat het gewicht links en rechts van de kabel gelijk is, zo moeten bij een reactievergelijking het aantal en de soort atomen links en rechts van de pijl gelijk zijn.*





### Reactieschema

In hoofdstuk 1 hebben we een faseverandering kort weergegeven in een schema. Het verdampen van water kun je schrijven als: water (l)  $\rightarrow$  water (g). Zo kun je ook een chemische reactie weergeven door middel van een **reactieschema**. Dit is een verkorte weergave van de beschrijving van een reactie. Kijk maar eens naar onderstaand voorbeeld:

Bij de reactie tussen koolstof en zuurstof ontstaat koolstofdioxide:

koolstof (s) + zuurstof (g)  $\rightarrow$  koolstofdioxide (g)

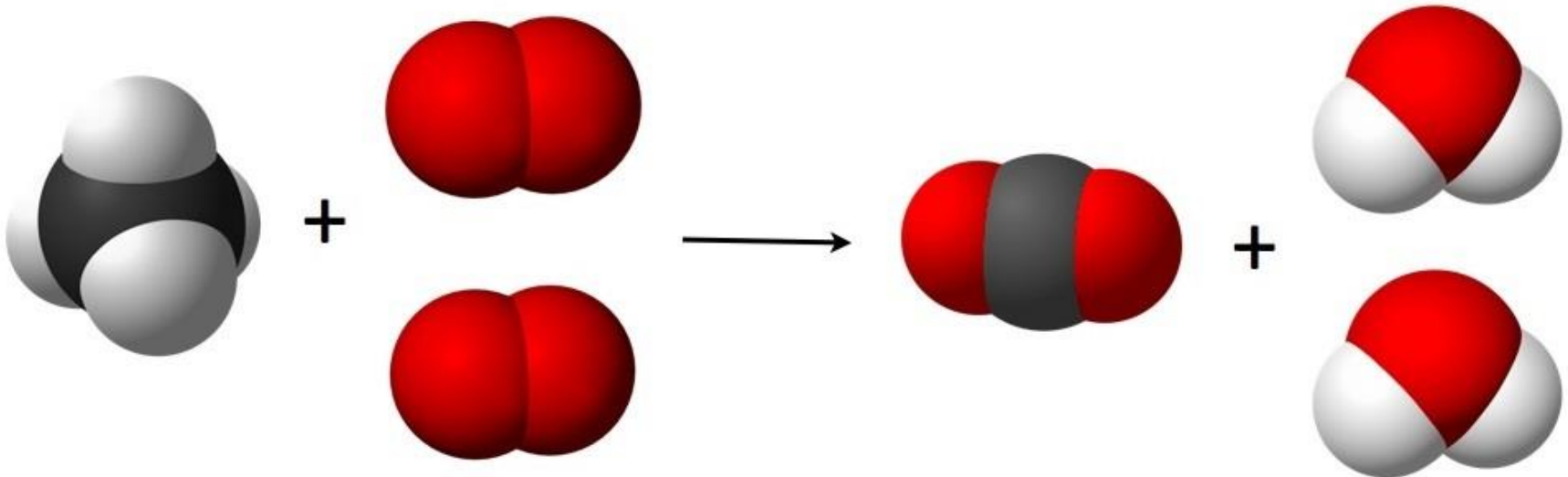
Achter elke stofnaam zet je de toestandsaanduiding: s, l, g of aq (= opgelost in water).

Als je precies de juiste hoeveelheden koolstof en zuurstof hebt laten reageren, blijft er van de beginstoffen niets over. Meestal heb je niet de juiste hoeveelheden en stopt de reactie omdat de koolstof of de zuurstof op is.



### De reactievergelijking

Hieronder zie je de molecuultekeningen van de reactie van methaan met zuurstof. De reactie voldoet aan de wet van Lavoisier, want bij de beginstoffen links van de pijl komen evenveel C, H en O-atomen voor als in de reactieproducten rechts van de pijl. Je kunt deze reactie weergeven in een reactieschema, maar als je de formules van de beginstoffen en de reactieproducten kent, kun je ook een **reactievergelijking** opstellen.





### De reactievergelijking

#### *De verbranding van methaan*

Gegeven: Voor de verbranding van methaan ( $\text{CH}_4$ ) is zuurstof ( $\text{O}_2$ ) nodig. De reactieproducten zijn koolstofdioxide ( $\text{CO}_2$ ) en water ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

Gevraagd: Stel de kloppende reactievergelijking op voor deze reactie.

Voor het opstellen van de kloppende reactievergelijking volg je een stappenplan.

Stap 1: Stel eerst het reactieschema op.

Stap 2: Vervang nu elke stofnaam door de bijbehorende formule.

Stap 3: Stel de kloppende reactievergelijking op.

Stap 4: Controleer of de reactievergelijking klopt.



### De reactievergelijking

*Stap 1: het reactieschema:*

methaan (g) + zuurstof (g) → koolstofdioxide (g) + water (l)

*Stap 2: vervang de stofnaam door de bijbehorende formule:*



Als je goed kijkt naar wat hier staat, zie je dat er vóór de pijl vier atomen waterstof staan en achter de pijl maar twee. Vóór de pijl staat één C-atoom en achter de pijl ook. Vóór de pijl staan twee O-atomen en achter de pijl drie.

Dat klopt dus niet met de wet van Lavoisier. Dit mag je dus nog geen reactievergelijking noemen. Je moet de vergelijking nog kloppend maken.



### De reactievergelijking

*Stap 3: de kloppende reactievergelijking:*

Om ervoor te zorgen dat de reactievergelijking gaat kloppen, moet je vóór de formules van de stoffen coëfficiënten zetten. Denk erom: je mag de formules zélf niet veranderen! Kom dus nooit aan de indexen in de formules.

Maar met welke atoomsoort moet je dan beginnen? Daar is een regel voor. Je begint met de atoomsoort die in twee formules voorkomt. Dat zijn hier de atoomsoorten C en H. Je ziet in de reactievergelijking dat de atoomsoort zuurstof in drie formules voorkomt (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> en H<sub>2</sub>O). Daar begin je dan niet mee. Die bewaar je voor het laatst.

Stel dat je begint met de atoomsoort koolstof, dan moet je vóór de formule van methaan het getal 1 zetten en vóór de formule van koolstofdioxide ook:





### De reactievergelijking

Vóór de pijl staan er nu vier H-atomen en achter de pijl maar twee. Dan moet je achter de pijl het getal 2 vóór de formule van water zetten om ook hier het aantal H-atomen op vier te krijgen.



Ten slotte moet je ervoor zorgen dat het aantal atomen zuurstof in orde komt. Achter de pijl staan twee atomen zuurstof in koolstofdioxide en twee atomen zuurstof in water. In totaal staan er dus vier atomen zuurstof.

Vóór de pijl moeten ook vier atomen zuurstof komen te staan. Dat kan door het getal 2 voor de formule van zuurstof te zetten.





### De reactievergelijking

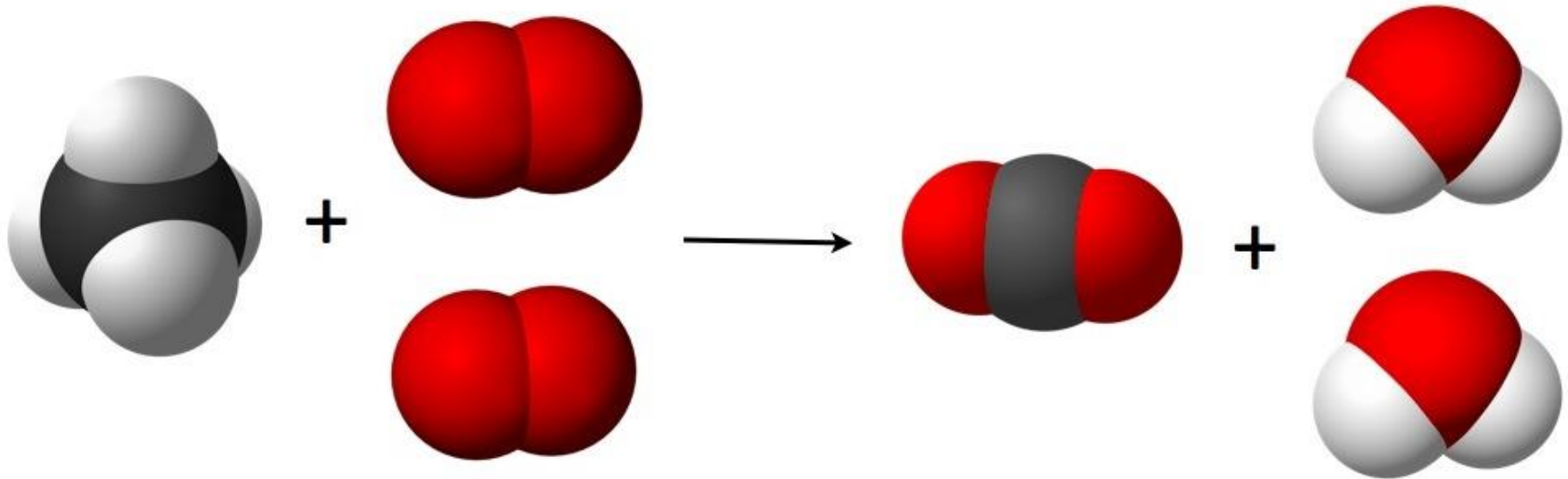
In een reactievergelijking laat je de coëfficiënt 1 altijd weg. De reactievergelijking wordt dan:



*Stap 4: de controle:*

Je kunt nu de aantal atomen natellen en je zult zien dat er van elke atoomsoort evenveel atomen vóór als achter de pijl staan. De beginstoffen bestaan uit één koolstofatoom, vier waterstofatomen en vier zuurstofatomen en de reactieproducten bestaan ook uit dezelfde hoeveelheden van deze atomen.

De reactievergelijking







## §4.2 *Reactievergelijkingen*

### **Je kunt nu:**

- Een chemische reactie weergeven in een reactieschema;
- Voor de stoffen in een reactieschema de juiste toestandsaanduidingen geven;
- Voor de stoffen in een reactieschema de juiste formules opstellen;
- Een reactievergelijking kloppend maken door de juiste coëfficiënten in te vullen.

## §4.3 Rekenen aan reacties

### Je leert:

- Dat stoffen in een vaste massaverhouding met elkaar reageren;
- Berekeningen aan reacties uitvoeren.

*Zeker in de industrie is het heel belangrijk dat je van tevoren kunt berekenen hoeveel beginstoffen je moet gebruiken en hoeveel reactieproduct je dan kunt verwachten.*





### Massaverhouding

In de eerste paragraaf van dit hoofdstuk hebben we geleerd dat bij een reactie de totale massa van de beginstoffen gelijk is aan de totale massa van de reactieproducten. Je hebt ook formuletaal leren gebruiken om een reactie in de vorm van een kloppende reactievergelijking weer te geven. Met behulp van de kloppende reactievergelijking en de wet van behoud van massa kun je nu ook zelf de **massaverhouding** berekenen waarin de beginstoffen met elkaar reageren en de reactieproducten ontstaan.

Uit een reactievergelijking kun je namelijk afleiden hoeveel moleculen of atomen met elkaar reageren en hoeveel er ontstaan. In hoofdstuk 3 hebben we al geleerd om de massa van een verbinding te berekenen aan de hand van de massa's van de atomen in die verbinding. Je kunt nu dus ook berekenen in welke massaverhouding de moleculen met elkaar reageren.

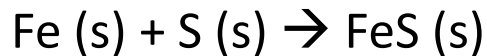


### Massaverhouding

*Een voorbeeld:*

Ijzersulfide ontstaat door een reactie van ijzer met zwavel.

De reactievergelijking voor dit proces luidt:



Je ziet aan de reactievergelijking dat één atoom ijzer reageert met één atoom zwavel. Dan reageren 10 atomen ijzer met 10 atomen zwavel. De verhouding van het aantal atomen ijzer en het aantal atomen zwavel in deze reactie is altijd 1 op 1 ofwel 1:1.

Maar hoe verhouden de massa's van die atomen zich?



### Massaverhouding

De massa van één atoom ijzer is 55,9 u en van één atoom zwavel 32,1 u. De massaverhouding waarin ijzer en zwavel met elkaar reageren is dus 55,9 : 32,1.

	Fe	S	FeS
coëfficiënten reactievergelijking	1	1	1
massa in u	55,9	32,1	88,0
massa in g	55,9	32,1	88,0

Volgens de wet van Lavoisier ontstaat er 88,0 u ijzersulfide. De massaverhouding tussen de beginstof Fe en het reactieproduct FeS is dus 55,9 : 88,0.

In plaats van u kun je ook voor alle stoffen gram of kilogram nemen als eenheid, de massaverhouding waarin de stoffen reageren blijft hetzelfde.

## §4.3 Rekenen aan reacties



### Rekenvoorbeeld: Rekenen aan de reactie van ijzer en zwavel

Je laat 15,0 g ijzer reageren met zwavel. Hoeveel gram zwavel kan maximaal reageren en hoeveel gram ijzersulfide kan er ontstaan?

Je vult een rekenschema (tabel) in waarbij je gebruikmaakt van de gegevens die hierboven in de opgave staan en in de hierboven gegeven tabel.

	Fe	S	FeS
massaverhouding (u)	55,9	32,1	88,0
hoeveelheid stof (g)	15,0	x	y

Uit dit rekenschema (of uit deze tabel) volgt de verhoudingstabel

55,9	32,1	88,0
15,0	x	y

Door gebruik te maken van kruisproducten kun je met deze verhoudingstabel x en y berekenen:

$$x = \frac{15,0 \text{ g} \times 32,1 \text{ u}}{55,9 \text{ u}} = 8,61 \text{ g} \text{ en } y = \frac{15,0 \text{ g} \times 88,0 \text{ u}}{55,9 \text{ u}} = 23,6 \text{ g}$$

Er reageert dus 8,61 g zwavel met 15,0 g ijzer. Er ontstaat 23,6 g ijzersulfide.

De hoeveelheid gevormd ijzersulfide kun je ook op een andere manier berekenen. Je kunt namelijk de hoeveelheden ijzer en zwavel bij elkaar optellen:

$$15,0 \text{ g} + 8,61 \text{ g} = 23,6 \text{ g}.$$

Je maakt dan gebruik van de wet van Lavoisier.



## §4.3 *Rekenen aan reacties*

### **Je kunt nu:**

- Uitleggen waarom stoffen in een vaste massaverhouding met elkaar reageren;
- Met een gegeven massaverhouding berekeningen aan reacties uitvoeren;
- De wet van behoud van massa toepassen bij berekeningen;
- Zelf een massaverhouding voor een chemisch proces berekenen.