

Reactievergelijkingen opstellen

Bij het vak scheikunde is het van groot belang om een kloppende reactievergelijking op te kunnen stellen. In dit document lees je hoe je dit aan kunt pakken. Belangrijke principes hierbij zijn de **wet van massabehoud** en **ladingsbalans**: bij een chemische reactie gaat geen massa (dus geen atomen) en geen lading verloren. Als voorkennis is het nodig dat je stofnamen kunt omzetten in molecuulformules en dat je weet wat verbrandingsreacties, ontledingsreacties en vormingsreacties zijn.

Aanpak: reactievergelijkingen opstellen en kloppend maken

Je kunt onderstaand stappenplan volgen als je aan de hand van een tekst een reactievergelijking moet opstellen. Als je alleen een gegeven reactievergelijking kloppend moet maken, kun je direct beginnen bij stap 3. Uitgewerkte voorbeelden verduidelijken het stappenplan.

1. Bepaal uit de tekst wat de beginstoffen en de producten zijn en geef het **reactieschema** (in een reactieschema geef je de stofnamen + toestandsaanduidingen van de stoffen)
2. Vervang de stofnamen door de bijbehorende formules; je hebt nu meestal een **niet-kloppende reactievergelijking**
3. Maak de reactievergelijking kloppend door de coëfficiënten te veranderen. Elke atoomsoort moet **in balans** gebracht worden. Dat betekent dat er links en rechts van de pijl evenveel atomen van moeten zijn. Je kunt als volgt te werk gaan.
 - a. Schrijf op welke atoomsoorten er in de reactievergelijking voorkomen
 - b. Ga voor elke atoomsoort na hoeveel atomen ervan je links en rechts van de pijl hebt en *werk deze informatie steeds bij als je een coëfficiënt verandert*
 - c. Je gaat, één voor één, elke atoomsoort in balans brengen door coëfficiënten aan te passen. Je begint met de atoomsoorten die in zo weinig mogelijk formules voorkomen. Als je alle atoomsoorten hebt gehad, is de reactievergelijking kloppend. Let op: de reactievergelijking mag alleen **gehele coëfficiënten** bevatten.

Voorbeeldopgaven

(a) Stel de reactievergelijking (r.v.) op voor de vorming van ammoniakgas uit de elementen.¹

1. Het product is ammoniak (g). De beginstoffen zijn waterstof (g) en stikstof (g).
waterstof (g) + stikstof (g) → ammoniak (g) *reactieschema*
2. $\text{H}_2 (\text{g}) + \text{N}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{NH}_3 (\text{g})$ *niet-kloppende r.v.*
3. Atoomsoorten: N en H.
N: 2 atomen links, 1 atoom rechts. H: 2 atomen links, 3 atomen rechts.

Zowel N en H komen links en rechts van de pijl in slechts één formule voor, dus het maakt niet uit of je met N of H begint. Hier beginnen we met N.

Door een 2 voor NH_3 te zetten klopt de N-balans
 $\text{H}_2 (\text{g}) + \text{N}_2 (\text{g}) \rightarrow 2 \text{NH}_3 (\text{g})$ *niet-kloppende r.v.*

H: 2 atomen links, 6 atomen rechts. 3 H_2 zorgt voor kloppende H-balans.
 $3 \text{H}_2 (\text{g}) + \text{N}_2 (\text{g}) \rightarrow 2 \text{NH}_3 (\text{g})$ *kloppende r.v.*

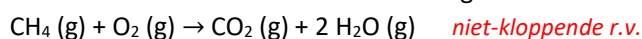
¹ Dit is eigenlijk een evenwichtsreactie. Het enige verschil in de r.v. is dat je een andere soort pijl (\rightleftharpoons) gebruikt.

(b) Geef de reactievergelijking (r.v.) voor de verbranding van aardgas.

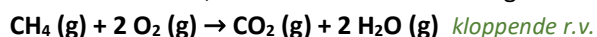
1. Het hoofdbestanddeel van aardgas is methaan, een koolwaterstof. Bij verbranding is zuurstof nodig. Bij verbranding van een koolwaterstof ontstaan koolstofdioxide en water.²
methaan (g) + zuurstof (g) → koolstofdioxide (g) + water (g) *reactieschema*
2. $\text{CH}_4 (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} (\text{g})$ *niet-kloppende r.v.*
3. Atoomsoorten: C, H en O.
C: 1 atomen links, 1 atoom rechts. H: 4 atomen links, 2 atomen rechts. O: 2 atomen links, 3 atomen rechts.

Zowel C en H komen links en rechts van de pijl in slechts één formule voor. O komt links in één formule voor, maar rechts in twee formules. De O-balans wordt dus als laatste gedaan.

C is al in balans. H kan in balans worden gebracht door een 2 voor H₂O te zetten.



O: 2 atomen links, 4 atomen rechts. 2 O₂ zorgt voor kloppende O-balans.



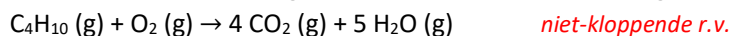
(c) Maak de volgende r.v. kloppend: $\text{C}_4\text{H}_{10} (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} (\text{g})$

Stappen 1 en 2 kunnen hier worden overgeslagen.

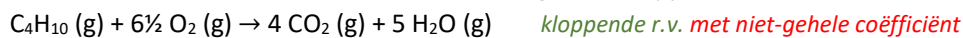
3. Atoomsoorten: C, H en O.
C: 4 atomen links, 1 atoom rechts. H: 10 atomen links, 2 atomen rechts. O: 2 atomen links, 3 atomen rechts.

Zowel C en H komen links en rechts van de pijl in slechts één formule voor. O komt links in één formule voor, maar rechts in twee formules. De O-balans wordt dus als laatste gedaan.

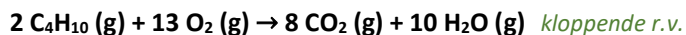
C en H worden in balans gebracht door 4 CO₂ en 5 H₂O te gebruiken.



O: 2 atomen links, 13 atomen rechts. 6½ O₂ zorgt voor kloppende O-balans.



Door alle coëfficiënten met 2 te vermenigvuldigen, worden ze allen geheel.



² De verbranding van aardgas is exotherm; er komt veel warmte vrij. Het ontstane water is dus waterdamp en om die reden is voor H₂O (g) in plaats van H₂O (l) gekozen. Lees de vraag altijd goed: als er staat dat vloeibaar water ontstaat, gebruik je H₂O (l). Toestandsaanduidingen beïnvloeden het kloppend maken van r.v.'s niet.

(d) Maak de volgende r.v. kloppend: $C_3H_8O(l) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(g)$

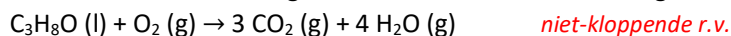
Stappen 1 en 2 kunnen hier worden overgeslagen.

3. Atoomsorten: C, H en O.

C: 3 atomen links, 1 atoom rechts. H: 8 atomen links, 2 atomen rechts. O: 3 atomen links, 3 atomen rechts.

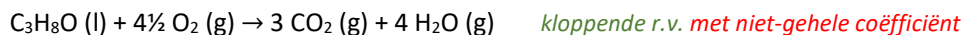
Zowel C en H komen links en rechts van de pijl in slechts één formule voor. O komt in alle formules voor. De O-balans wordt dus als laatste gedaan. (Hoewel op dit punt O in balans is, zal dit niet zo blijven als C en H in balans worden gebracht.)

C en H worden in balans gebracht door 3 CO_2 en 4 H_2O te gebruiken.

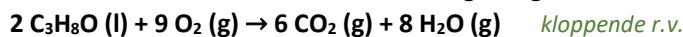


O: $1 + 2 = 3$ atomen links, 10 atomen rechts.

Om C en H niet weer uit balans te brengen, willen we *alleen de coëfficiënt van O_2 wijzigen*. Als er links $1 + 9 = 10$ O-atomen zijn, dan klopt de O-balans, dus we gebruiken $4\frac{1}{2} O_2$.

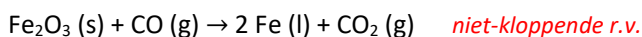


Door alle coëfficiënten met 2 te vermenigvuldigen, worden alle coëfficiënten geheel.



Alternatieve aanpak voor het kloppend maken van reactievergelijkingen

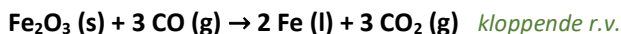
Er zijn gevallen waarbij de procedure voor het kloppend maken van reactievergelijkingen, zoals beschreven in de vorige paragraaf, niet efficiënt werkt. Een voorbeeld is de reactie van ijzer(III)oxide (Fe_2O_3) met koolstofmonoxide om vloeibaar ijzer en koolstofdioxide te produceren. Op deze manier wordt ijzer op industriële schaal gemaakt uit ijzererts. Het kost niet veel moeite om de volgende reactievergelijking te krijgen (Fe en C in balans, O niet):



Als je nu de O-balans in orde wilt maken, heeft dat invloed op de C-balans. Als je daarna de C-balans wilt herstellen, heeft dit weer invloed op de O-balans. Je blijft dus steeds heen en weer gaan tussen C en O bij het kloppend maken. Probeer dit zelf maar eens.

Het helpt in bovenstaand geval om eens te kijken naar wat er gebeurt in de reactie.

Koolstofmonoxide (CO) wordt omgezet in koolstofdioxide (CO_2), dus een CO-molecuul neemt één O-atoom op. Dit O-atoom is afkomstig van Fe_2O_3 . Dit betekent dat er 3 CO-moleculen per Fe_2O_3 nodig zijn. De reactievergelijking is dus:

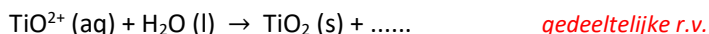


Reactievergelijkingen met geladen deeltjes: ladingsbalans

In sommige reactievergelijkingen kunnen ook geladen deeltjes (ionen) voorkomen. In dat geval moet je er niet alleen voor zorgen dat elke atoomsoort in balans is, maar er moet ook **ladingsbalans** zijn: de totale lading links van de pijl moet hetzelfde zijn als de totale lading rechts van de pijl.

Voorbeeldopgave

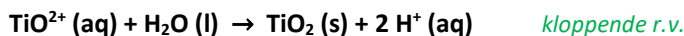
(e) Stel de reactievergelijking (r.v.) op voor de reactie van TiO^{2+} met water. Er wordt TiO_2 geproduceerd en nog één ander soort deeltje.



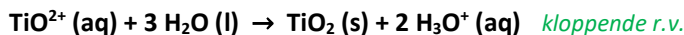
Je zou kunnen denken dat waterstof (H_2) geproduceerd wordt, omdat in dat geval Ti, O en H in balans zijn. Het probleem is dan echter dat links de totale lading 2+ is, terwijl deze rechts 0 is.



Een positief geladen deeltje waarin de atoomsoort H voorkomt is het waterstofion (H^+). Hiermee kan de reactievergelijking wél kloppend worden gemaakt.

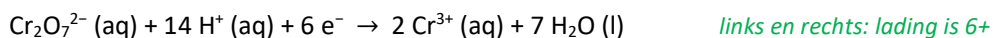


(Je mag ook H_3O^+ laten ontstaan door aan beide kanten 2 H_2O toe te voegen, zoals hieronder.)



Halfreacties

Redoxreacties zijn reacties waarbij elektronenoverdracht plaatsvindt van de reductor (deeltje dat elektronen afstaat) naar de oxidator (deeltje dat elektronen opneemt). In halfreacties geef je het afstaan/opnemen van elektronen (e^-) door de reductor/oxidator aan. Ook in halfreacties is altijd ladingsbalans, zoals je in onderstaand voorbeeld ziet.



Als je zelf halfreacties moet opstellen, zorg je aan het eind voor ladingsbalans door aan de juiste kant van de pijl een aantal elektronen te gebruiken. In het document 'Redoxreacties' kun je hier enkele voorbeelden van zien.