

Reactievergelijkingen opstellen

Bij het vak scheikunde is het van groot belang om een kloppende (gebalanceerde) reactievergelijking op te kunnen stellen. In dit document lees je hoe je dit aan kunt pakken. Een belangrijk principe hierbij is de **wet van massabehoud**: bij een chemische reactie gaat geen massa, dus geen atomen, 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)
2. Vervang de stofnamen door de bijbehorende formules; je hebt nu meestal een **niet-kloppende reactievergelijking**
3. Maak de reactievergelijking kloppend door alleen 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.
 - Ga voor elke atoomsoort na hoeveel atomen ervan je links en rechts van de pijl hebt. *Werk deze informatie steeds bij als je een coëfficiënt verandert.*
 - Je gaat, één voor één, elke atoomsoort in balans brengen door coëfficiënten aan te passen. Je begint met de atoomsoort die in zo weinig mogelijk formules voorkomt.
 - Als je alle atoomsoorten in balans hebt gebracht, is de reactievergelijking kloppend. De uiteindelijke reactievergelijking mag *alleen gehele coëfficiënten* bevatten.

Voorbeeldopgaven

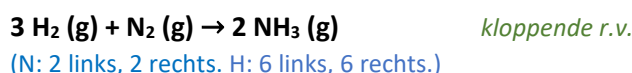
(a) Stel de reactievergelijking (r.v.) op voor de vorming van ammoniakgas uit de elementen.

1. Het product is ammoniak (g). De beginstoffen zijn waterstof (g) en stikstof (g).
Reactieschema: waterstof (g) + stikstof (g) → ammoniak (g)
2. $\text{H}_2 (\text{g}) + \text{N}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{NH}_3 (\text{g})$ *niet-kloppende r.v.*
3. **N: 2 atomen links, 1 atoom rechts. H: 2 links, 3 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 de coëfficiënt van NH_3 naar 2 te veranderen, klopt de N-balans.



Door de coëfficiënt van H_2 naar 3 te veranderen, klopt ook de H-balans.

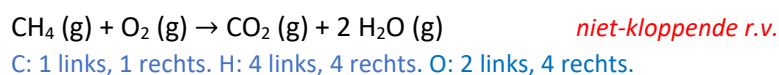


Bovenstaande reactie is een evenwichtsreactie. Eigenlijk zou je de pijl \rightleftharpoons in plaats van \rightarrow moeten gebruiken. Dit heeft echter geen invloed op het kloppend maken van de r.v.

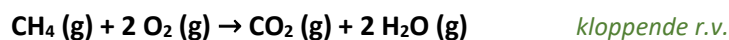
(b) Geef de reactievergelijking (r.v.) voor de verbranding van aardgas.

1. Het hoofdbestanddeel van aardgas is methaan, een koolwaterstof. Bij verbranding is zuurstof nodig. Bij verbranding van een koolwaterstof ontstaan koolstofdioxide en water.¹
Reactieschema: methaan (g) + zuurstof (g) → koolstofdioxide (g) + water (g)
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. C: 1 links, 1 rechts. H: 4 links, 2 rechts. O: 2 links, 3 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. Omdat de C-balans al correct is, gaan we door met de H-balans. Die kan kloppend worden gemaakt door de coëfficiënt van H₂O naar 2 te veranderen.



Door de coëfficiënt van O₂ naar 2 te veranderen, klopt ook de O-balans.

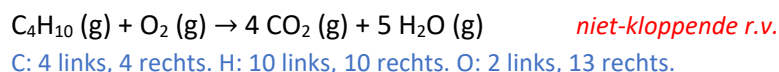


(c) Maak de volgende r.v. kloppend: $\text{C}_4\text{H}_{10} (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} (\text{g})$

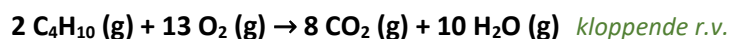
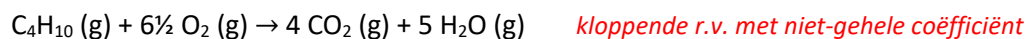
Stappen 1 en 2 kunnen hier worden overgeslagen.

3. $\text{C}_4\text{H}_{10} (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} (\text{g})$ *niet-kloppende r.v.*
C: 4 links, 1 rechts. H: 10 links, 2 rechts. O: 2 links, 3 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. (Dit kun je ook in twee afzonderlijke stappen doen, als je dat overzichtelijker vindt.)



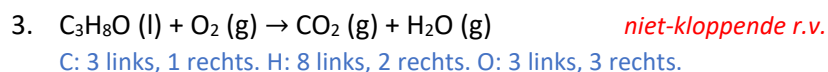
Door de coëfficiënt van O₂ naar 6½ te veranderen, klopt ook de O-balans. Daarna vermenigvuldigt je alle coëfficiënten met 2, zodat ze allen geheel zijn.



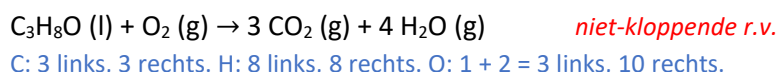
¹ De verbranding van aardgas is exotherm; er komt veel warmte vrij. Het ontstane water is dus waterdamp en om die reden is voor H₂O (g) in plaats van H₂O (l) gekozen. Lees de vraag altijd goed: als er staat dat vloeibaar water ontstaat, gebruik je H₂O (l). Toestandsaanduidingen beïnvloeden het kloppend maken van r.v.'s niet.

(d) Maak de volgende r.v. kloppend: $\text{C}_3\text{H}_8\text{O} (\text{l}) + \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} (\text{g})$

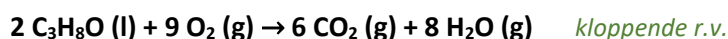
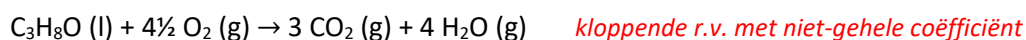
Stappen 1 en 2 kunnen hier worden overgeslagen.



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 bij het in balans brengen van C en H.) C en H worden in balans gebracht door 3 CO_2 en 4 H_2O te gebruiken.

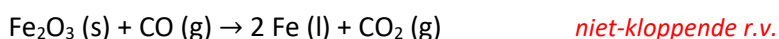


Om C en H niet weer uit balans te brengen, is het belangrijk om *alleen de coëfficiënt van O_2 te wijzigen*. Dit is waarom hierboven het aantal O-atomen links geschreven is als 1 + 2 = 3 (de 1 verandert niet). Als er links 1 + 9 = 10 O-atomen zijn, dan klopt de O-balans, dus we gebruiken $4\frac{1}{2} \text{O}_2$. Daarna vermenigvuldigen we alle coëfficiënten met 2.



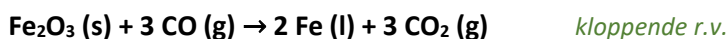
Alternatieve aanpak voor het kloppend maken van reactievergelijkingen

Er zijn gevallen waarbij de procedure voor het kloppend maken van reactievergelijkingen, zoals beschreven in de vorige paragraaf, niet werkt. Een voorbeeld is de reactie van ijzer(III)oxide (Fe_2O_3) met koolstofmonoxide om 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 (waarbij Fe en C al in balans zijn, maar O nog 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 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:

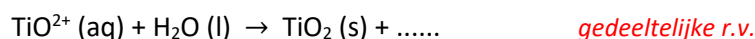


Reactievergelijkingen met geladen deeltjes: ladingsbalans

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

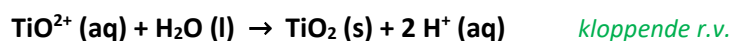
(e) Stel de reactievergelijking (r.v.) op voor de reactie van TiO^{2+} met water. Er wordt TiO_2 geproduceerd en nog één ander soort deeltje.



Omdat rechts de atoomsoort H nog moet voorkomen, zou je kunnen denken dat waterstof (H_2) geproduceerd wordt. Als je daarvoor kiest, zijn Ti, O en H allemaal wel in balans. Het probleem is dan echter dat links de totale lading $2+$ is, terwijl de totale lading rechts 0 is.

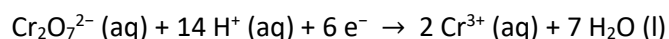


Een positief geladen deeltje waarin de atoomsoort H voorkomt is het waterstofion (H^+). Hiermee kan de reactievergelijking wél kloppend worden gemaakt (de totale lading is links en rechts $2+$).²



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 voor ladingsbalans door aan de juiste kant van de pijl elektronen toe te voegen. In het document 'Redoxreacties' kun je hier enkele voorbeelden van zien.

² Je kunt ook het oxoniumion (H_3O^+) laten ontstaan: $\text{TiO}^{2+} (\text{aq}) + 3 \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow \text{TiO}_2 (\text{s}) + 2 \text{H}_3\text{O}^+ (\text{aq})$