

Chemisch evenwicht

Vak
Scheikunde
Leerjaar / sector
Vwo klas 5 of 6
Context
<p>Reactiekinetiek en chemisch evenwicht zijn twee belangrijke en moeilijke onderwerpen in het vwo scheikunde programma. Door deze begrippen op formatieve wijze (dat wil zeggen de begrippen te verhelderen met leerlingen, activiteiten aan te bieden die laten zien in hoeverre leerlingen de begrippen begrijpen en misconcepties hebben en een vervolgactie aan dat begrip en misconceptie te koppelen) te introduceren en leerlingen mee aan het werk te zetten, wordt de kans op een beter begrip van deze lastige onderwerpen groter.</p> <p>Twee wijdverbreide misconcepties over chemisch evenwicht (o.a.) zijn:</p> <ul style="list-style-type: none">• Bij evenwicht zijn de concentraties reactanten en producten gelijk. (Nee dus, de concentraties kunnen zeer verschillen).• Bij evenwicht stoppen de reacties. (Nee dus, het is dynamisch evenwicht). <p>Maar wat is er nu wel constant bij chemisch evenwicht? Dat zijn de reactiesnelheidsconstanten k_1 (heengaande reactie) en k_{-1} (teruggaande reactie) en de verhouding van concentraties $[\text{producten}]/[\text{reactanten}]$.</p> <p>Reacties vinden plaats door botsingen van deeltjes (moleculen of ionen) en de kans op botsingen wordt bepaald door de concentraties. Hoe hoger de concentratie van reactanten (of producten) des te hoger de kans op (effectieve) botsingen en heengaande (of teruggaande) reacties. Reactiesnelheden zijn dus niet constant, maar onder andere evenredig met concentraties. Steeds reageert een bepaald percentage van de aanwezige deeltjes (en niet een constant aantal!). Dat zo'n vaste fractie uiteindelijk resulteert in een vaste verhouding van concentraties van producten en reactanten, laten we zien in de simulatie.</p> <p>De lay-out van de activiteit (tabellen en invulruimte) stelt docenten in staat het leerproces van leerlingen te volgen. Ten slotte zijn er diagnostische toetsvragen die kunnen dienen als formatieve toetsing en/of bron voor verdere discussie tussen leerlingen onderling of docent en leerlingen.</p>
Leerdoelen
<p>Leerdoelen voor de lange termijn</p> <p>De leerlingen kan:</p> <ul style="list-style-type: none">• een reactievergelijking opstellen van een evenwichtsreactie;• berekeningen uitvoeren aan evenwichtsreacties;• aangeven en verklaren hoe de ligging van een evenwicht kan worden beïnvloed.
<p>Leerdoelen voor de korte termijn</p> <p>De leerling kan:</p> <ul style="list-style-type: none">• onderscheid maken tussen een (aflopende) reactie en een evenwichtsreactie;• aangeven of en wanneer er sprake is van chemisch evenwicht.• Uitleggen dat vaste maar meestal ongelijke fracties in heen- en terug reacties automatisch leiden tot evenwicht.

Succescriteria

De leerling begrijpt de volgende kenniselementen m.b.t. concentratie en reactie en past deze toe op aflopende reacties en op evenwichtsreacties:

- enkele pijl of evenwichtspijlen: je ziet dat het juiste symbool voor de reactie is weergegeven;
 - enkele pijl voor een aflopende reactie; niet-omkeerbare reactie
 - dubbele pijlen voor een evenwichtsreactie; omkeerbare reactie
- reactant(en) en product(en): je ziet in de reactievergelijking dat beginstof(fen) en reactieproduct(en) goed en aan de juiste kant van de reactiepijl weergegeven zijn;
- concentratie: je ziet dat deeltjes per volume-eenheid als maat voor concentratie gebruikt wordt;
 - stelt vast dat concentratie verandert
 - stelt vast dat concentratie gelijk blijft
 - maakt onderscheid tussen constant blijven en aan elkaar gelijk zijn
- bij chemisch evenwicht de concentraties reactant(en) en product(en) heel verschillend kunnen zijn maar niet meer veranderen; constant blijven;
- de heen- en teruggaande reactie niet stoppen maar doorgaan, het chemisch evenwicht is dynamisch (en niet statisch);
- bij chemisch evenwicht verandert de verhouding tussen de concentraties van producten en reactanten niet meer (blijft constant). Voordat chemisch evenwicht is bereikt veranderen de concentraties van producten en reactanten voortdurend (en is de verhouding tussen de concentraties van producten en reactanten niet constant).

Aantal lessen

1 lesuur (met leerlingenactiviteiten 2 – 4 uit te breiden tot 2 uren)

Fase(n) van de FE-cyclus



Tijdens de les komen alle fasen van de FE-cyclus aan bod. De les begint met het kort herhalen van leerdoelen en bijbehorende succescriteria ten aanzien van aflopende reacties middels *retrieval practice*. **(fase 2)** wat uit die retrieval practice komt interpreteer en analyseer je (fase 3) en communiceer je met je leerlingen (fase 4) om vervolgens een vervolgactie te plannen. Ze begrijpen het dus we kunnen door naar de nieuwe leerdoelen of ik moet terug (fase 5). Nadat helder is geworden dat leerlingen het begrepen hebben worden nieuwe leerdoelen (omkeerbare reacties/evenwichtsreacties en chemisch evenwicht)

gedeeld zonder de clou van de opdrachten weg te geven **(fase 1)**.

De succescriteria komen aan bod tijdens de uitvoering van de leerlingenactiviteit. Bij de opdracht zijn de resultaten van leerlingen direct zichtbaar in de gekleurde schijven op de tafels van leerlingen en in de tabellen die ze invullen. **De langlopende docent kan zien of de tabellen correct worden ingevuld en of leerlingen de link (middels succescriteria) kunnen maken tussen de simulatie en dynamisch chemisch evenwicht (fasen 1,2 en 3)**. Of leerlingen echt de sprong maken van simulatie naar begrip van chemisch evenwicht wordt ook getoetst door vragen van de langlopende docent tijdens de activiteit en uiteindelijk in een diagnostische toets aan het eind van de activiteit (fase 2). Resultaten worden direct geïnterpreteerd door de docent (fase 3) en meteen teruggekoppeld naar de leerlingen (fase 4). Leerdoelen en succescriteria worden verder aangescherpt en uitgediept in de bespreking van de resultaten van de activiteit en de diagnostische toetsvragen (fase 5) en weer opnieuw verder met fase 1 mede aan de hand van de vervolg leerlingactiviteiten (*learning spirals*).

Uitvoering lesactiviteit
Materialen / hulpmiddelen
<ul style="list-style-type: none"> Een envelop met 48 gekleurde schijven of vierkantjes per leerling duo, de kleur van onder en bovenkant van de schijven is verschillend. Deze kunnen worden uitgeknipt van gekleurd papier of karton door een paar behulpzame leerlingen. Plak desnoods twee vellen verschillend gekleurd papier aan elkaar om een vel te krijgen met een verschillende boven en onder kleur.
Vorbereiding
Die enveloppen met gekleurde schijven maken samen met enkele behulpzame leerlingen. Na afloop innemen voor hergebruik in andere klassen.
Lesopzet globaal
<ol style="list-style-type: none"> De les begint met het kort herhalen van leerdoelen en bijbehorende succescriteria ten aanzien van aflopende reacties middels <i>retrieval practice</i>. Wanneer blijkt dat de leerlingen geen problemen hebben met aflopende reacties dan kunnen we door met de nieuwe leerdoelen. Deze nieuwe leerdoelen (omkeerbare reacties/evenwichtsreacties en chemisch evenwicht) worden gedeeld (fase 1). Vervolgens voeren de leerlingen de simulatieactiviteiten uit in groepjes van twee - vijf. De docent loopt rond, checkt via de tabellen of de activiteit wordt uitgevoerd als bedoeld, en stelt aanvullende vragen die leerlingen stimuleren om heen-en-weer te denken tussen de chemische reactie en de simulatie met de schijven. Via deze vragen (fase 2) volgt de docent begripsontwikkeling (fase 3) van leerlingen en koppelt deze meteen terug (fase 4) in interactie met leerlingen. Follow-up met een klassikale discussie (denken-delen-uitwisselen) waarbij de analogie wordt gebruikt om het gedrag van omkeerbare reacties te expliciteren voordat - en wanneer evenwicht is bereikt. Afsluiting met enkele diagnostische items en verdieping en verankering van leerdoelen en succescriteria.
Lesopzet uitgebreid

Introductie docent: Om beter te begrijpen hoe chemische reacties plaatsvinden en hoe sommige reacties 'heen-en-weer' kunnen gaan (omkeerbaar zijn), doen we een simulatie. Elk groepje krijgt een envelop met 48 gekleurde schijven. Zie hieronder de instructies. Er zijn vier activiteiten. De eerste is hieronder weergegeven. De andere drie staan in een bijlage.

Leerlingwerkblad activiteit 1: dynamisch evenwicht simuleren

Denk aan een omkeerbare reactie van de eerste orde: $B(g) \xrightleftharpoons[k_{-1}]{k_1} P(g)$

Neem aan dat voor deze evenwichtsreactie de snelheidsconstante voor de heengaannde reactie $k_1 = \frac{1}{2}$ is van het totale aantal reactantmoleculen per minuut, terwijl voor de teruggaannde reactie $k_{-1} = \frac{1}{4}$ is van het totale aantal productmoleculen per minuut. Met de snelheidsconstante k_1 bereken je het aantal moleculen reactant dat per minuut wordt omgezet in product. Evenzo bereken je met snelheidsconstante k_{-1} het aantal moleculen van het product omgezet naar reactant per minuut.

Materialen:

48 stuks vierkante schijven geknipt uit gekleurd karton of papier, een kant roze en de andere kant blauw (andere kleuren kunnen worden gebruikt, plak desnoods twee vellen verschillende gekleurd papier tegen elkaar).

Doelen:

Deze activiteit stelt ons in staat om te bepalen of leerlingen de succescriteria bij de leerdoelen (her)kennen/ (zelf) ontdekken :

- de verandering in het aantal moleculen van product en reactant wanneer het systeem evenwicht nadert;
- de toestand bij evenwicht in termen van:
 - a) het aantal productmoleculen en reactantmoleculen.
 - b) de verhouding van het aantal productmoleculen en het aantal reactantmoleculen.
 - c) De snelheid van zowel de heengaande als teruggaande reactie.

1. Neem 24 schijven. Deze schijven vertegenwoordigen het aantal moleculen per volume-eenheid (concentratie). Beschouw de blauwe kant als reactantmolecuul en de roze kant als productmolecuul.
2. Begin met alle 24 schijven met hun blauwe kant. Bereken met behulp van de waarde van k_1 ($=\frac{1}{2}$) het aantal reactantmoleculen (blauwe schijven) dat na één minuut in productmoleculen (roze schijven) is omgezet. Draai het berekende aantal schijven op hun roze kant. Dit vertegenwoordigt het aantal productmoleculen dat na de eerste minuut gevormd is. Noteer het aantal productmoleculen (roze schijven) en het resterende aantal reactantmoleculen (blauwe schijven) in tabel 1.
3. Na 1 minuut zijn er zowel blauwe als roze schijven. Gebruik k_1 ($=\frac{1}{2}$) en k_{-1} ($=\frac{1}{4}$) om het aantal reactantmoleculen (blauwe schijven) dat wordt omgezet in productmoleculen (roze schijven) en het aantal productmoleculen (roze schijven) dat wordt omgezet in reactantmoleculen (blauw schijven) te berekenen in de 2^{de} minuut. Draai het berekende aantal blauwe schijven dat reageert om tot roze. Doe hetzelfde voor het aantal roze schijven dat reageert tot blauwe. Noteer het aantal reactantmoleculen (blauwe schijven) en het aantal productmoleculen (roze schijven) in tabel 1. Doe dit ook voor de 3^{de}, 4^{de} en 5^{de} minuut. **Als de berekening geen geheel getal oplevert, kun je afronden op gehele getallen.**



N.B. Figuren 1 – 3 maken geen deel uit van het leerlingwerkblad.

Figuur 1 Reactanten en producten op $t = 0$ en $t = 1$ minuut.	Figuur 2 Reactanten en producten op $t = 2$ en $t = 3$ minuten.	Figuur 3 Reactanten en producten op $t = 4$ en $t = 5$ minuten.
--	---	---

Tabel 1

Aantal reactantmoleculen (blauwe schijven) en productmoleculen (roze schijven) aanwezig na t minuten

tijd (min)	aantal reactantmoleculen (blauwe schijven)	aantal productmoleculen (roze schijven)
0	24	0
1		
2		
3		
4		
5		

5. Bereken het aantal reactantmoleculen (blauwe schijven) dat omgezet is in productmoleculen (roze schijven) en het aantal productmoleculen (roze schijven) dat omgezet is in reactantmoleculen (blauwe schijven) per interval van één minuut. Noteer de antwoorden in *Tabel 2*.

Tabel 2
Verandering in aantal reactantmoleculen (blauwe schijven) en productmoleculen (roze schijven) per minuut

tijdsinterval (min)	aantal reactantmoleculen (blauwe schijven) omgezet in producten	aantal productmoleculen (roze schijven) omgezet in reactanten
0-1		
1-2		
2-3		
3-4		
4-5		

Het aantal reactantmoleculen (blauwe schijven) en productmoleculen (roze schijven) omgezet per tijdseenheid vertegenwoordigt de snelheid van verandering in concentratie van reactant (blauw) en product (roze) per tijdseenheid oftewel de snelheid van de heengaande en teruggaande reactie respectievelijk.

Vragen:

- Wat gebeurde er in de eerste drie minuten met:
 - het aantal reactantmoleculen? _____
 - het aantal productmoleculen? _____
- Wat is er de laatste twee minuten gebeurd met:
 - Het aantal reactantmoleculen _____
 - Het aantal productmoleculen _____
- Wat gebeurde er in de eerste drie intervallen van één minuut met de:
 - snelheid van omzetting van moleculen van reactant in product? _____
 - snelheid van omzetting van moleculen van product in reactant? _____
- Wat gebeurde er in de laatste twee intervallen van één minuut met de:
 - snelheid van omzetting van moleculen van reactant in product? _____
 - snelheid van omzetting van moleculen van product in reactant? _____
- Wat was de verhouding tussen blauwe en roze schijven na 5 minuten? _____
- $[P]$ is de productconcentratie; $[B]$ is de reactantconcentratie op een bepaald tijdstip t . Wat is de waarde van de verhouding van $[P] : [B]$ na 5 minuten? _____
- Maak een grafiek van het aantal reactantmoleculen (blauwe schijven) tegen de tijd en een grafiek van het aantal productmoleculen (roze schijven) tegen de tijd in hetzelfde diagram.
- Beschrijf de snelheid van verandering in de concentraties van reactantmoleculen en productmoleculen op basis van het verloop van de verkregen grafieken. Wanneer is er evenwicht?

Einde werkblad met leerlinginstructies

Formatieve toetsing: Tijdens de activiteit houdt de docent de tabellen in de gaten. Komen leerlingen uit op de correcte aantallen? Verbazen ze zich over constante hoeveelheden reactanten en producten ondanks dat de reacties doorgaan? Welke antwoorden geven ze op vragen 1 – 8? (fasen 2-3-4)

Als steeds een vaste fractie reageert, dan leidt dat automatisch in een paar stappen tot evenwicht. Eventueel kan de docent dat ook illustreren in een Excel spreadsheet of enkele gevorderde leerlingen zo'n model laten maken.

Bij een simulatie zijn er altijd zaken die niet (helemaal) kloppen en het is belangrijk die te benadrukken in de einddiscussie. Bijvoorbeeld, het kleine aantal schijven staat natuurlijk voor biljoenen moleculen. Evenwicht is bij sommige reacties snel bereikt, bij andere na lange tijd. (fasen 4-5)

Leerling instructies voor simulaties 2 – 4 staan in bijlage A. (fasen 4-5-1; komen tot *learning spirals*). Bijlage B bevat toetsvragen voor discussie of voor een diagnostische toets over chemisch evenwicht.

Formatieve evaluatie

De docent kan de voortgang en het begrip van de leerlingen tijdens de les goed volgen door de ingevulde tabellen, de lay-out van de vragen, en de uiteindelijke grafieken van concentratie versus tijd te inspecteren. De lay-out van het werkblad helpt de docent om rondlopend heel snel antwoorden te zien en daarop interactief te reageren en communiceren met leerlingen (fasen 2 – 4). Verder stelt de docent onderweg in de klas vragen die leerlingen stimuleren heen-en-weer te denken tussen de simulatie en chemisch evenwicht. Aan het eind van de les of begin van de volgende les kunnen enkele diagnostische items uit de evenwicht toets worden gebruikt met Socrative of schriftelijk om begrip te toetsen (*retrieval practice*).

Differentiatie en variatie

Leerlingen die heel snel zijn van begrip en chemisch evenwicht al goed door hebben, kunnen een model

bouwen van chemische reacties in Excel. Bijvoorbeeld van bovengenoemde $B(g) \xrightleftharpoons[k_{-1}]{k_1} P(g)$ maar ook van een

concreet voorbeeld van $aA + bB \xrightleftharpoons[k_{-1}]{k_1} cC + dD$. Einddoel van het model is het produceren van grafieken

van concentratie versus tijd voor de vier betrokken deeltjes (moleculen).

Terugblik en tips van de ontwikkelaar

Reflectie op de aanpak

- Van belang is om voorafgaand aan de leerlingenactiviteit(en) de voorkennis m.b.t. chemische reacties te activeren/herhalen (*retrieval practice*). ((aflopende) chemische reactie: beginstof(fen) verdwijnt(en) en nieuwe stof(fen) ontstaat(t)(n); overmaat, ondermaat, (aflopende) reactie stopt, botsende-deeltjes-model;
- Besteed bij de bespreking (onderwijsleergesprek) vooraf, tijdens en achteraf ruim aandacht aan misconcepten die naar voren komen.

Tips voor gebruikers

- Laat de leerlingen in groepjes (van 3 – 5) eerst leerlingen activiteit (simulatie) 1 uitvoeren en geef voldoende tijd om alle opdrachten uit te voeren en vragen te maken. Zie erop toe dat alles ingevuld

wordt. Dit om het denkproces en de begripsontwikkeling van chemisch evenwicht verder te versterken.

- Bespreek leerlingen activiteit 1 eerst uitgebreid met de leerlingen alvorens de leerlingen zelf weer aan de slag te zetten met de volgende drie leerling activiteiten.
 Een mogelijke werkwijze is om eerst twee groepjes met elkaar te laten overleggen en daarna een klassikale inventarisatie te doen (denken-delen-uitwisselen).
 Neem ruim tijd voor de einddiscussie om aandacht te kunnen besteden aan de verschillen en overeenkomsten tussen de simulatie en chemische reactie/chemisch evenwicht. Besteed ook ruim aandacht aan misconcepten. Dit kan bijvoorbeeld door groepjes op elkaars antwoorden te laten reageren/reflecteren (de vraag rondspelen in de klas).
- Na de (klassikale) bespreking en afronding van simulatie 1 kunnen de leerlingen zelfstandig de leerlingactiviteiten 2 - 4 uitvoeren. Zorg er ook hier voor dat leerlingen voldoende denk- en uitwerktijd hebben voor de vragen. De kwaliteit van de antwoorden van de leerlingen op de vragen verhoogt het effect van de vergelijking/discussie na afloop over de simulaties en de 'chemische werkelijkheid' van chemische reacties en chemisch evenwicht.
- Bij de afsluitende opdracht van leerlingactiviteit 4 wordt de analogie (simulaties) vergeleken met een chemische reactie en chemisch evenwicht. Bij dit onderdeel wordt duidelijk wat leerlingen begrepen hebben van de kernconcepten (zie leerlingactiviteit 1) en welke hiaten en/of misconcepten er (mogelijk) nog zijn. Neem ook hier de tijd om antwoorden van leerlingen(groepjes) bespreekbaar te maken door de leerlingen zelf zoveel mogelijk met elkaar hierover in discussie te gaan. Als afsluiting kan de (her)invulling van de tabel klassikaal (opnieuw) gedaan worden.
- Het random botsingskarakter van chemische reacties kan worden uitgebeeld in een rollenspel. Denk aan ionisatie van een zwak zuur $HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$. Twee leerlingen met blinddoeken en gekleurde petjes voor de klas vormen HA. Op een willekeurig moment laten ze elkaar los, kan gebeuren. Ze gaan op een random walk door de klas, botsen tegen tafels en stoelen (de watermoleculen) en als ze toevallig bij elkaar in de buurt komen, dan kunnen ze weer HA vormen. Stel dat er veel losse H en A deeltjes zijn, dan is de kans op vorming van HA groot. Als er weinig zijn is die klein. Als er veel HA zijn, is de kans op splitsing in H^+ en A^- groot. Als er weinig zijn is die klein.
- Lang niet alle botsingen leiden tot een reactie, de meeste zelfs niet. Als je dat wilt laten zien, denk dan aan H^+ met een uitgestrekte arm en A^- met de armen in de zij. Als bij een botsing toevallig de arm van de geblinddoekte H^+ in de "haak" gevormd door de arm van A^- terecht komt, dan is er een reactie, anders niet. Zo valt er wel meer te bedenken.

Literatuur

Driel, J.H. van (1990). Betrokken bij Evenwicht. Proefschrift. Universiteit Utrecht.

Locaylocay, J.R. (2004). Changes in College Students' Conceptions of Chemical Equilibrium. Centre for International Cooperation, Vrije Universiteit, Amsterdam. ISBN 90-9019266-2. (PhD thesis, University of the Philippines, Diliman, 2002), 151-157.

Auteur(s)

Naam auteur

Jocelyn Locaylocay is docent scheikunde aan de University of San Carlos in Cebu City in de Filipijnen en ontwikkelde deze activiteit als onderdeel van haar proefschrift onderzoek. Het onderzoek werd destijds begeleid door Ed van den Berg, SLO-consultant. Emiel de Kleijn is curriculum ontwikkelaar bij SLO.

Bijlage A: Leerling instructies voor simulaties

Leerlingactiviteit 2: Effect van variërende beginconcentratie op de evenwichtsconstante

Doelstelling: Met deze simulatie kun je het effect bepalen van een verandering in de beginconcentratie van reactanten op de [P] : [B]-verhouding bij evenwicht.

Volg de stappen in de procedure van deel 1, maar gebruik deze keer 48 schijven. Noteer je resultaten in tabellen 3 en 4.

Tabel 3

Aantal reactantmoleculen (blauwe schijven) en productmoleculen (roze schijven) aanwezig op tijdstip t (minuten)

tijd (min)	aantal reactantmoleculen (blauwe schijven)	aantal productmoleculen (roze schijven)
0	48	0
1		
2		
3		
4		
5		

Tabel 4

Verandering in aantal reactantmoleculen (blauwe schijven) en productmoleculen (roze schijven) per tijdseenheid

tijdsinterval (min)	aantal reactantmoleculen (blauwe schijven) omgezet in producten	aantal productmoleculen (roze schijven) omgezet in reactanten
0-1		
1-2		
2-3		
3-4		
4-5		

Vragen:

- Wat gebeurde er in de eerste drie minuten met:
 - het aantal moleculen reactant? _____
 - het aantal moleculen product? _____
- Wat is er de laatste twee minuten gebeurd met:
 - het aantal moleculen reactant? _____
 - het aantal moleculen product? _____
- Wat gebeurde er in de eerste drie intervallen van één minuut met de:
 - snellheid van omzetting van moleculen van reactant tot product? _____
 - snellheid van omzetting van moleculen van product in reactant? _____
- Wat gebeurde er in de laatste twee intervallen van één minuut met de:
 - snellheid van omzetting van moleculen van reactant tot product? _____
 - snellheid van omzetting van moleculen van product in reactant? _____

5. Wat was de verhouding van het aantal blauwe versus roze schijven na 5 minuten? _____
6. Wat is de waarde van de verhouding van [P] : [B] aan na 5 minuten. Hoe verhoudt dit zich tot dezelfde verhouding in deel 1?

Leerlingactiviteit 3: Als de reactie start met alleen productmoleculen

Doelstelling: Dit deel stelt je in staat om de toestand bij evenwicht te bepalen in termen van de verhouding [P] : [B] als de omkeerbare reactie begon met uitsluitend productmoleculen in plaats van reactantmoleculen.

1. Herhaal de procedure in deel 1 maar begin met 24 **productmoleculen** (roze schijven). De snelheidsconstante voor de omzetting van reactantmoleculen (blauwe schijven) naar productmoleculen (roze schijven) is nog steeds $\frac{1}{2}$ per minuut terwijl die van productmoleculen (roze schijven) naar reactant (blauwe schijven) nog steeds $\frac{1}{4}$ per minuut is. Noteer je waarnemingen in *tabel 5*.

Tabel 5
Aantal reactantmoleculen (blauwe schijven) en productmoleculen (roze schijven) aanwezig op tijdstip t (minuten)

tijd (min)	aantal reactantmoleculen (blauwe schijven)	aantal productmoleculen (roze schijven)
0	0	24
1		
2		
3		
4		
5		

Vragen:

1. Wat is de waarde van [P] : [B] na 5 minuten? _____
2. Hoe verhoudt dit zich tot de waarde van [P] : [B] in deel 1 en deel 2? _____

Leerlingactiviteit 4: Eigenschappen van een ander evenwichtssysteem

Doelstelling: Dit deel stelt je in staat om de evenwichtstoestand te bepalen in termen van [P] : [B]-verhouding van een vergelijkbare reactie maar met verschillende snelheidsconstanten.

Beschouw een andere reactie $B(g) \xrightleftharpoons[k_{-1}]{k_1} P(g)$. Deze keer zijn de snelheidsconstanten:

$k_1 = \frac{1}{4}$ van het totale aantal reactantmoleculen per minuut en $k_{-1} = \frac{1}{2}$ van het totale aantal productmoleculen per minuut.

1. Volg de procedure in deel 1 beginnend met 24 reactantmoleculen (blauwe schijven). Noteer je berekende waarden in *tabellen 6 en 7*.

Tabel 6

Aantal reactantmoleculen (blauwe schijven) en productmoleculen (roze schijven) aanwezig op tijdstip t (minuten)

tijd (min)	aantal reactantmoleculen (blauwe schijven)	aantal productmoleculen (roze schijven)
0	24	0
1		
2		
3		
4		
5		

Tabel 7

Verandering in aantal reactantmoleculen (blauwe schijven) en productmoleculen (roze schijven) per tijdseenheid

tijdsinterval (min)	aantal reactantmoleculen (blauwe schijven) omgezet in producten	aantal productmoleculen (roze schijven) omgezet in reactanten
0-1		
1-2		
2-3		
3-4		
4-5		

Vragen:

- Hoe verhoudt het aantal productmoleculen (roze schijven) zich na 5 minuten tot het aantal reactantmoleculen (blauwe schijven)? _____
- Hoe verhoudt dit resultaat zich tot het resultaat in deel 1? _____
- Hoe is het verschil te verklaren? _____
- Wat is de waarde van de verhouding van de concentraties $[P] : [B]$? _____

Bijlage B: Diagnostische vragen over chemisch evenwicht

Afkomstig uit een toets samengesteld door Jocelyn Locaylocay, University of San Carlos, Cebu City, Philippines

Deze vragen kunnen o.a. als volgt gebruikt worden:

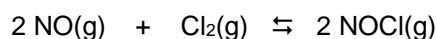
- Als diagnostische of als summatieve vragen in de eindtoets voor begrip van chemisch evenwicht.
- Als "losse items" voor de diagnostisch toetsen van aspecten van chemisch evenwicht.
- Als voorbeeld om zelf diagnostische items te ontwikkelen. Voor de meeste items is het heel gemakkelijk meer soortgelijke vragen te maken door een andere evenwichtsreactie te kiezen.
- Met extra items is het ook mogelijk voor een bepaald begripsaspect (bijvoorbeeld invloed van temperatuur, of van verwijdering van een product) een klassikale *fast feedback* reeks te maken. Items worden dan één voor één klassikaal gepresenteerd (eventueel via Socrative), individueel beantwoord, en dan van korte klassikale feedback voorzien door de docent. Die feedback is gebaseerd op een snelle rondgang door de klas waarbij de docent antwoorden van een stuk of 10 leerlingen ziet en dan kort klassikaal feedback geeft over de meest voorkomende fout. Met een klassikale oefening van 15 – 20 minuten eventueel te herhalen bij een andere gelegenheid, is het dan mogelijk de meest voorkomende fouten af te leren.

Antwoordsleutel: 1Waar, 2Onjuist, 3W, 4O, 5W, 6O, 7O, 8W.

De oorspronkelijke toets met 35 vragen werd ontwikkeld als diagnostische toets voor een onderzoek naar het leren over chemisch evenwicht in een promotieonderzoek in de Filipijnen. Dit onderzoek werd gesponsord door het NUFFIC-VU STEPS project (1996-2004) en in Nederland gepubliceerd als: J.R. Locaylocay (2002). Changes in College Students' Conceptions of Chemical Equilibrium. PhD thesis. Gepubliceerd door het Centre for International Cooperation (CIS), Vrije Universiteit, Amsterdam. De onderstaande vragen hieruit zijn vertaald door Ed van den Berg. De gehele 35-item toets is verkrijgbaar van de auteurs.

WAAR (W) – ONWAAR (O) vragen.

- 1-8. *Vragen 1-8 betreffen de volgende situatie.* Een mengsel van stikstof(II)oxide gas en chloorgas wordt in een gesloten vat geplaatst.



Terwijl het mengsel een evenwichtssituatie nadert:

- Neemt de concentratie NOCl(g) toe.
- Neemt de concentratie NO(g) toe.
- Neemt de concentratie Cl₂(g) af.
- Neemt de snelheid van de heengaande reactie toe.
- Neemt de snelheid van de teruggaande reactie toe.
- Nemen de snelheden van zowel de heengaande als van de teruggaande reactie toe.

Nadat het mengsel in evenwicht is,

- Stoppen zowel de heengaande als teruggaande reacties.
- Blijven de concentraties NO(g), Cl₂(g) en NOCl(g) constant.

