

# Reactie-energie, reactiesnelheid, en evenwicht versie 02-03-2016

Je kunt bij een onderwerp komen door op de gewenste rubriek in de inhoud te klikken.

Wil je vanuit een rubriek terug naar de inhoud, klik dan op de tekst van de rubriek waar je bent.

Gewoon scrollen gaat natuurlijk ook.

Achter sommige opgaven staat tussen haakjes extra informatie over aspecten die ook in betreffende opgave voorkomen.

## Inhoud

Reactie-energie (bovenbouw) .....	2
Reactiesnelheid (bovenbouw) .....	3
Evenwicht (bovenbouw) .....	6

## Reactie-energie (bovenbouw)

### Opgave 1 Zilveroxide

Als je zilveroxide met in water opgelost ammoniak laat reageren, kunnen zilvernitrde,  $\text{Ag}_3\text{N}$  (s) en water ontstaan. Hierbij daalt de temperatuur van de oplossing.

- 1 Geef de vergelijking van deze reactie.
- 2 Leg uit of de reactie van zilveroxide met ammoniak endotherm of exotherm is.  
Zilvernitrde is een uiterst instabiele stof. Het kan al bij de minste aanraking ontleden in zilver en stikstof. Als zilvernitrde ontleedt, kan een explosie, een snelle exotherme reactie plaatsvinden.
- 3 Geef de vergelijking van de ontledingsreactie van zilvernitrde.
- 4 Geef het energiediagram dat in overeenstemming is met de hierboven vermelde gegevens.
- 5 Geef een verklaring voor het energiediagram van 4.

### Opgave 2 Warmtekussen

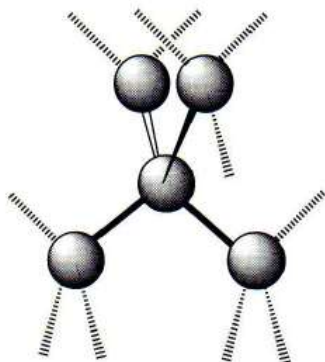
Gekristalliseerd natriumacetaat heeft de verhoudingsformule  $\text{NaCH}_3\text{COO}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Het kristalliseren van natriumacetaat is een exotherm proces. Van deze eigenschap wordt gebruik gemaakt in een zogenaamd warmtekussen. Een warmtekussen is een plastic zakje dat gevuld is met een zeer geconcentreerde oplossing van natriumacetaat in water. Op het moment dat aan de oplossing heftig wordt geschud, ontstaat gekristalliseerd natriumacetaat. Hierbij komt een hoeveelheid warmte.

- 1 Geef het ontstaan van gekristalliseerd natriumacetaat uit een natriumacetaatoplossing in een vergelijking weer.
- 2 Geef het kristallisatieproces in een energiediagram weer. Geef hierin de energieverandering ( $\Delta E$ ) aan met een pijl.  
Het warmtekussen bevat 80 gram natriumacetaatoplossing. De oplossing bestaat uit 40 gram natriumacetaat en 40 gram water. Na kristallisatie is 0,30 mol gekristalliseerd natriumacetaat ontstaan. Daarnaast is een kleine hoeveelheid verzadigde natriumacetaatoplossing overgebleven.
- 3 Ga door berekening na hoeveel gram vloeibaar water er na kristallisatie is overgebleven  
Bij het kristallisatieproces komt per mol gekristalliseerd natriumacetaat  $1,97 \cdot 10^4$  J vrij. Om een gram van het mengsel een graad in temperatuur te laten stijgen is 3,1 J nodig.
- 4 Bereken de maximale temperatuurstijging in  $^\circ\text{C}$  van het warmtekussen.

### Opgave 3 Koolstof

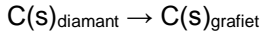
Koolstof komt in verschillende vormen voor. Eén van die vormen is diamant. Diamant is de hardste stof die bekend is. Die hardheid hangt samen met het kristalrooster van diamant.

- 1 Geef de naam van het bindingstype dat er in diamant de oorzaak van is dat de deeltjes in het kristalrooster sterk aan elkaar gebonden zijn.



- 2 Beschrijf de ruimtelijke ordening van de deeltjes in het kristalrooster van diamant.

Diamant is een niet stabiele vorm van koolstof. Diamant kan door middel van een exotherme reactie overgaan in grafiet:



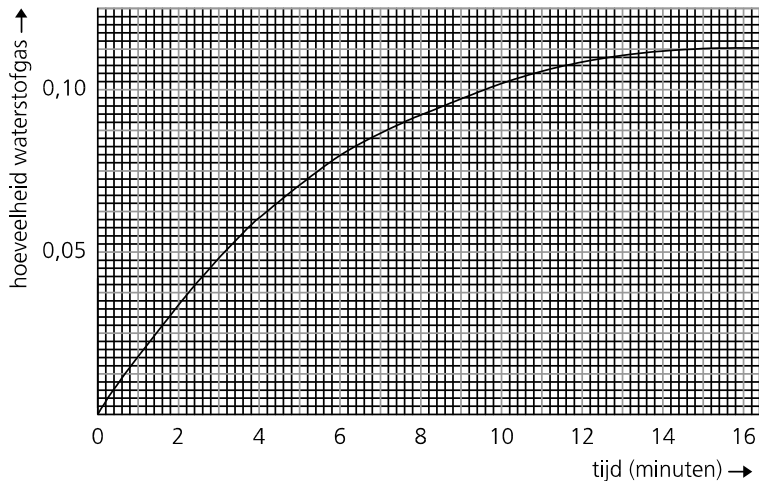
Bij verhitting van diamant in een stikstofatmosfeer tot een temperatuur boven 2000 K wordt diamant binnen korte tijd omgezet in grafiet. Bij kamertemperatuur blijkt diamant, ook na jaren, niet over te gaan, in grafiet.

- 3 Schets van de omzetting van diamant in grafiet een energiediagram en geef aan de hand daarvan aan hoe het komt dat diamant bij kamertemperatuur niet wordt omgezet in grafiet.

## Reactiesnelheid (bovenbouw)

### Opgave 1 Overgieten van zinkpoeder met zoutzuur

Bij de reactie tussen zink en verdund zoutzuur (een oplossing van HCl in water) ontstaat waterstofgas. Men overgiet een *overmaat* zinkpoeder met 50 ml 0,1 M zoutzuur en meet om de minuut de totale hoeveelheid waterstofgas die is ontstaan. De meetwaarden worden in een diagram uitgezet. Het resultaat vind je hieronder.



- 1 Leg uit na hoeveel tijd de reactie is afgelopen.
- 2 Door welke oorzaak is de reactie na die bepaalde tijd afgelopen?
- 3 Bereken de gemiddelde reactiesnelheid in  $\text{cm}^3$  waterstofgas per seconde tijdens de tweede en de zesde minuut.
- 4 Leg met behulp van het botsende-deeltjesmodel uit waarom de reactiesnelheid tijdens het verloop van de reactie afneemt.
- 5 Schets in de bijlage het verloop als men een zinkstaafje van dezelfde massa overgiet met 50 ml 0,1 M zoutzuur.
- 6 Verklaar het verschil tussen de twee krommen met het botsende-deeltjesmodel.
- 7 Leg uit welke invloed het toevoegen van een katalysator voor deze reactie heeft op
  - de totale reactietijd,
  - de totale hoeveelheid waterstof die ontstaat.

## Opgave 2 Overgieten van ijzer(poeder) met zoutzuur

Men laat de volgende stoffen met elkaar reageren:

I: 1,0 g ijzerpoeder met 50 mL 0,20 M zoutzuur (=HCl (aq)) bij 20°C.

II: 1,0 g ijzerpoeder met 20 mL 0,50 M zoutzuur bij 50°C.

III: Een spijkertje van 1,0 g met 50 mL 0,20 M zoutzuur bij 20°C.

IV: 1,0 g ijzerpoeder met 50 mL 0,20 M zoutzuur bij 50°C.

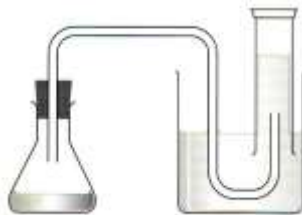
Bij deze reactie ontstaan waterstof en een oplossing van ijzer(II)chloride.

- 1 Geef de vergelijking van de reactie die bij deze proeven optreedt.
- 2 Bereken hoeveel mol H<sub>2</sub>(g) bij deze proeven ontstaat.
- 3 Schets in één diagram voor ieder proef de hoeveelheid waterstof die ontstaat tegen de tijd. Geef aan welke lijn bij welke proef hoort. Als je het antwoord op 2. niet gevonden hebt, geef dan toch het diagram met de lijnen.
- 4 Verklaar de verschillen met behulp van het botsingsmodel.

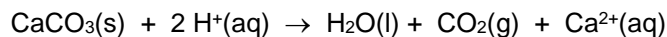
## Opgave 3 Gas meten

Een schelp bestaat voornamelijk uit calciumcarbonaat. Bianca moet uitzoeken hoe snel een schelp wordt aangetast door zure oplossingen. In zure oplossingen komen H<sup>+</sup> ionen voor. Bij de reactie van een schelp met een zuur ontstaat een gas. Bianca wil het gas opvangen en meten.

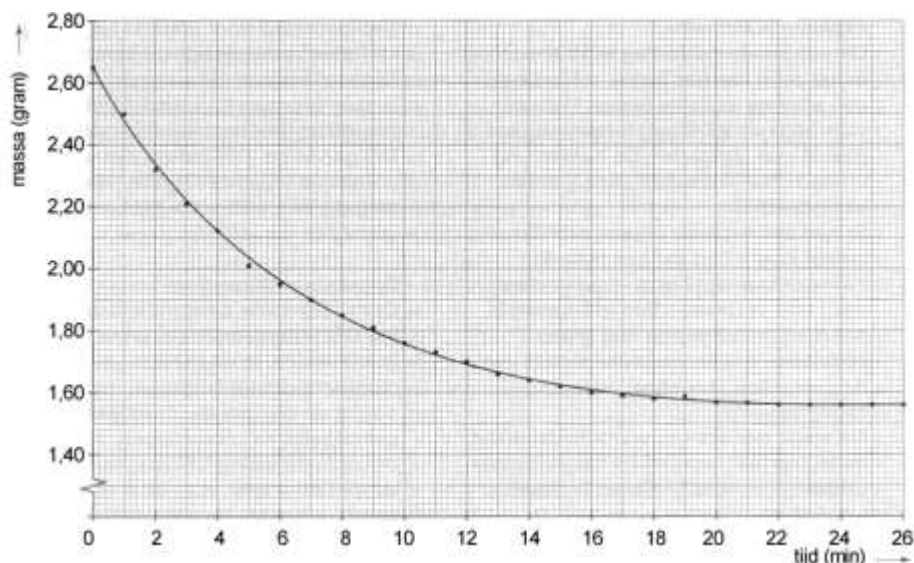
- 1 Teken een opstelling die geschikt is om de hoeveelheid gas die bij deze reactie ontstaat, op te vangen en te meten.



Bianca bedenkt dat ze de proef ook kan uitvoeren door de massa-afname van het reactievat met inhoud te bepalen. Ze plaatst een bekersglas met 200 mL 2 M zoutzuur (een overmaat) op een balans en zet de balans op nul. Vervolgens brengt ze op tijdstip t = 0 minuten haar schelp in het bekersglas met zoutzuur. Er treedt een reactie op, die als volgt kan worden weergegeven:



Bianca noteert iedere minuut de massa die de balans aangeeft. Van haar resultaten maakt ze een diagram dat er als volgt uitziet:



- Hoe is aan het diagram te zien dat de reactiesnelheid tijdens de proef afneemt? Geef een korte uitleg.
- Leg uit waarom tijdens het experiment de reactiesnelheid afneemt.
- Bereken met behulp van het diagram de gemiddelde reactiesnelheid gedurende de eerste 10 minuten. De reactiesnelheid is hier het aantal mol  $\text{CaCO}_3$  dat per seconde reageert.

Bij haar eerste experiment gebruikte Bianca 200 mL 2M zoutzuur. Ze doet een tweede experiment met een zelfde soort schelp met dezelfde massa. Bij dit tweede experiment gebruikt ze 100 mL 4M zoutzuur. Bianca vergelijkt de reactiesnelheid van het eerste en tweede experiment door te kijken naar de massa-afname bij beide experimenten gedurende de eerste vier minuten. Bij het eerste experiment gaf de balans op tijdstip  $t = 4$  minuten een massa van 2,12 gram aan.

- Leg uit of de balans bij het tweede experiment op  $t = 4$  minuten een massa aangeeft die kleiner dan, gelijk aan of groter dan 2,12 gram is.

Tenslotte doet Bianca een derde experiment met een zelfde soort schelp met dezelfde massa. Net als bij het eerste experiment gebruikt ze 200 mL 2M zoutzuur. Dit zoutzuur heeft ze echter verwarmd en de temperatuur van het zoutzuur is duidelijk hoger dan die bij het eerste experiment.

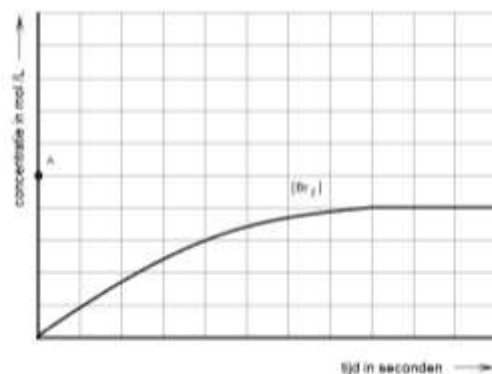
- Neem het diagram over en schets hierin hoe de massa-afname van het calciumcarbonaat zal verlopen tijdens experiment drie. Geef hierbij een korte uitleg.

#### Opgave 4 Broomvorming

Men lost een bepaalde hoeveelheid kaliumbromide op in water. Aan de oplossing voegt men onder goed roeren een overmaat verdund zwavelzuur toe. daarna een overmaat waterstofperoxide-oplossing. De volgende redoxreactie treedt op:  $2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{Br}^- \rightarrow \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

- Welk deeltje is in de bovenstaande reactie de oxidator en welk de reductor?
- Leg uit hoe je aan je antwoord bent gekomen.

Van het moment af dat men de overmaat waterstofperoxide-oplossing heeft toegevoegd meet men de concentratie van  $\text{Br}_2$  in de oplossing. Men krijgt onderstaand diagram.



Bij de beantwoording van de volgende vragen mag worden aangenomen dat waterstofperoxide niet ontleedt en dat broom niet verdampt.

- Teken in het diagram hoe de concentratie van  $\text{H}_2\text{O}_2$  verandert.
- Teken in het diagram ook hoe de concentratie van  $\text{Br}^-$  verandert.
- Teken in het diagram hoe de concentratie van  $\text{Br}_2$  zou veranderen als met dezelfde beginconcentratie de temperatuur hoger zou zijn.

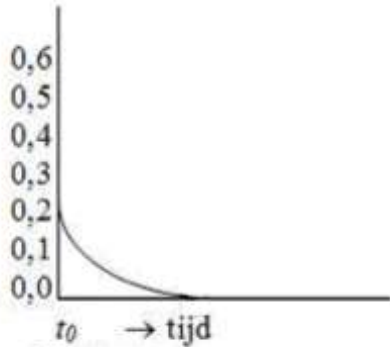
#### Opgave 5 Reactie van waterstof

Men verhit een mengsel van 0,40 mol stikstofmono-oxide en 0,20 mol waterstof tot  $800\text{ }^\circ\text{C}$ . Bij deze temperatuur kunnen stikstofmono-oxide en waterstof reageren tot stikstof en waterdamp.

- Geef de vergelijking voor deze reactie.  
Op tijdstip  $t_1$  is nog de helft van de oorspronkelijke hoeveelheid waterstof over.

- 2 Bereken de hoeveelheden van de andere stoffen die op dat moment aanwezig zijn.

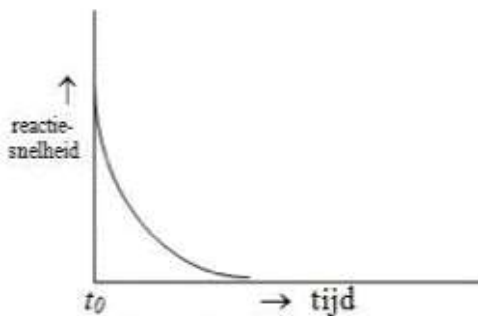
Figuur 1 geeft aan hoe de hoeveelheid waterstof verandert als functie van de tijd. Het tijdstip  $t_0$  geeft het begin van de reactie aan.



Figuur 1

- 3 Geef in figuur 1 het tijdstip  $t_1$  aan.  
 4 Schets in figuur 1 ook hoe de hoeveelheden stikstofmono-oxide, stikstof en waterdamp gedurende de reactie veranderen. Geef bij elke lijn duidelijk aan op welke stof zij betrekking heeft.

In figuur 2 wordt de reactiesnelheid als functie van de tijd weergegeven. Onder de reactiesnelheid wordt hier verstaan de hoeveelheid waterstof die per tijdseenheid reageert.



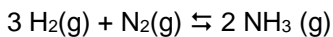
Figuur 2

- 5 Schets in figuur 2 het verloop van de reactiesnelheid als functie van de tijd voor het geval de proef, onder overigens gelijkblijvende omstandigheden wordt uitgevoerd bij een hogere temperatuur. Licht je tekening toe.

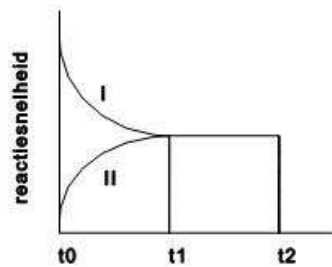
## Evenwicht (bovenbouw)

### **Opgave 1 Reactie van waterstof en stikstof in een afgesloten vat (1)**

Bekijk het volgende evenwicht in een afgesloten vat:



In de onderstaande grafiek is er evenwicht vanaf tijdstip  $t_1$ . In de grafiek stelt reactie I de reactie naar rechts en reactie II de reactie naar links voor.

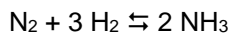


- 1 Welke stoffen zijn op het tijdstip  $t_0$  in het vat aanwezig? Leg dit kort uit.
- 2 Neem de grafiek over en schets het verloop van de reactiesnelheden na tijdstip  $t_2$ , als er op dat moment plotseling extra stikstof wordt toegevoegd. Verder blijven alle omstandigheden gelijk. Geef, als de reactiesnelheden niet gelijk zijn, aan welk deel van de grafiek bij welke reactie hoort.
- 3 Neem de grafiek nogmaals over en schets het verloop na  $t_2$  als er op dat moment een katalysator wordt toegevoegd.
- 4 Leg uit of de druk in het reactievat tussen tijdstip  $t_0$  en  $t_1$  groter wordt, kleiner wordt, of gelijk blijft.

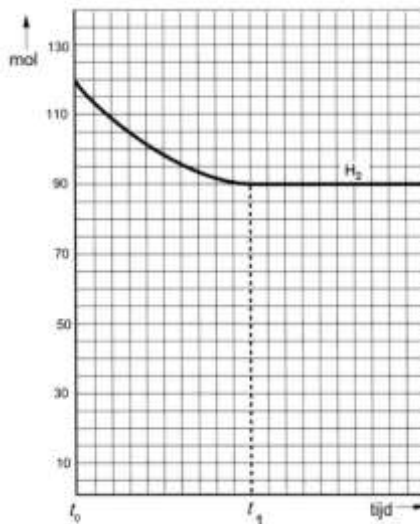
## Opgave 2 Reactie van waterstof en stikstof in een afgesloten vat (2)

Op het tijdstip  $t_0$  brengt men in een vat 40 mol stikstof en een hoeveelheid waterstof.

Op het tijdstip  $t_1$  heeft zich het volgende evenwicht ingesteld:



In onderstaand diagram is de hoeveelheid waterstof uitgezet tegen de tijd.



Vanaf  $t_1$  loopt de lijn in het diagram horizontaal.

- 1 Volgt hieruit dat er vanaf  $t_1$  geen reactie meer plaatsvindt? Licht het antwoord toe.
- 2 Bereken hoeveel mol stikstof op het tijdstip  $t_1$  aanwezig is en schets in het diagram hoe de hoeveelheid stikstof verandert in de loop van de tijd
- 3 Schets in het diagram ook hoe de hoeveelheid ammoniak verandert in de loop van de tijd.  
Bij kamertemperatuur ligt het evenwicht vrijwel geheel aan de kant van ammoniak. Bij hogere temperatuur is in het evenwichtsmengsel minder ammoniak aanwezig. Toch werkt men bij de ammoniakfabricage met temperaturen tussen 400 °C en 500 °C.
- 4 Verklaar dit werken bij hoge temperatuur.  
Het ammoniakevenwicht stelt zich pas in als er een geschikte katalysator aanwezig is.
- 5 Geef in het diagram aan hoe de afname van de hoeveelheid waterstof zou verlopen als er meer van de katalysator zou worden toegevoegd.

### Opgave 3 Bereiding van waterstof

Het gas waterstof kan worden bereid door methaan en stoom met elkaar te laten reageren bij 900°C. Er stelt zich een evenwicht in, waarbij methaan en stoom in evenwicht zijn met waterstof en koolstofmonooxide. De reactie naar rechts is endotherm.

- 1 Geef de reactievergelijking en de evenwichtsvoorwaarde voor dit evenwicht.

Geef aan of en zo ja hoe, het evenwicht zal veranderen als gevolg van de volgende gebeurtenissen. Doe dit indien mogelijk met behulp van de evenwichtsvoorwaarde.

- 2 De druk wordt verlaagd door volume vergroting.
- 3 Er wordt extra stoom in het reactievat gebracht

### Opgave 4 Verandering van het evenwicht

Gegeven het evenwicht:  $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$

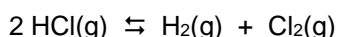
De reactie is endotherm.

Geef aan of en zo ja hoe, het evenwicht zal veranderen als gevolg van de volgende gebeurtenissen.

- 1 Toevoeging van natriumacetaat.
- 2 Verwarming.
- 3 Verdunning met water.
- 4 Het toevoegen van een geschikte katalysator.

### Opgave 5 Ontleding van waterstofchloride

Er heeft zich een evenwicht ingesteld, dat we als volgt weergeven:



Men onttrekt nu voortdurend  $\text{Cl}_2$  aan dit evenwicht, tot er geen verandering meer optreedt.

- 1 Beredeneer welke stof(fen) na afloop nog aanwezig is (zijn).

Men brengt een hoeveelheid  $\text{HCl}(\text{g})$  en  $\text{Cl}_2(\text{g})$  in een vat bij elkaar, sluit dit af en laat dit mengsel tot evenwicht komen.

- 2 Beredeneer of de hoeveelheid  $\text{Cl}_2$  zal veranderen. Zo ja, hoe? .

Op het moment van evenwicht blijkt er 2,38 gram chloor aanwezig te zijn in het reactievat, dat een inhoud heeft van 0,45 dm<sup>3</sup>.

- 3 Bereken de concentratie van waterstofchloride in het vat.

### Opgave 6 Synthesegas

Voor de industriële bereiding van methanol wordt uitgegaan van zogenaamd synthesegas. Dit is een mengsel van koolstofmono-oxide en waterstof. Dit kan worden bereid door methaan met waterdamp te laten reageren bij 900 °C. Dit is een evenwichtsreactie.

- 1 Geef de reactievergelijking van dit evenwicht.
- 2 Wat weet je van de verschillende concentraties als het evenwicht is bereikt.

De reactie kan worden uitgevoerd met nikkel als katalysator.

- 3 Leg uit of er in aanwezigheid van nikkel meer waterstof in het evenwichtsmengsel voorkomt.

In een proefopstelling brengt men 1,6 mol methaan en 2,0 mol waterdamp in een vat van 20 m<sup>3</sup>. In de evenwichtssituatie is er nog 0,40 mol methaan over.

- 4 Bereken de concentraties van alle aanwezige stoffen in het evenwicht.

Als de temperatuur wordt verhoogd en de overige omstandigheden gelijk blijven, stelt zich een nieuw evenwicht in waarbij meer waterstof aanwezig.

- 5 Beredeneer hoe de concentraties van de andere stoffen veranderen bij temperatuurverhoging.



## Opgave 7 Ongebluste kalk

Ongebluste kalk (calciumoxide) wordt gemaakt door verhitting van kalksteen (calciumcarbonaat) in een kalkoven. Hierbij ontstaat ook koolstofdioxidegas. Deze ontleding is een evenwichtsreactie.

- 1 Schrijf de vergelijking voor deze evenwichtsreactie op.
- 2 Leg uit of de ontleding endotherm of exotherm is.
- 3 Geef de ontleding van calciumcarbonaat weer in een energiediagram en schets hierin ook de activiteitsenergie.
- 4 Schrijf de concentratiebreuk voor dit evenwicht op.
- 5 Schrijf ook de partiële-drukbreuk voor dit evenwicht op en leg uit of de partiële-drukbreuk een andere waarde heeft dan de concentratiebreuk.

In een experiment wordt kalksteen verhit in een afgesloten vat.

- 6 Leg met behulp van de evenwichtsvoorwaarde uit welke reactie in het voordeel is in elk van de volgende situaties:
  - a Het volume van het reactievat wordt vergroot.
  - b De temperatuur in het reactievat wordt verhoogd.

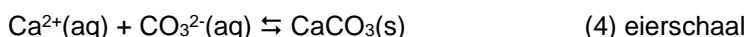
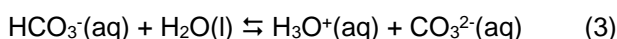
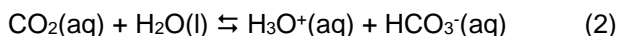
In de praktijk is een kalkoven geen afgesloten vat, maar een oven met een schoorsteen.

- 7 Leg uit waarom het belangrijk is dat een kalkoven is voorzien van een schoorsteen.

## Opgave 8 Dikte van eierschalen

Kippen leggen tijdens warm weer eieren met dunnere schalen dan tijdens koel weer. Door die dunnere schaal breken de eieren gemakkelijker.

Kippen kunnen niet zweten. Als ze het warm hebben, gaan ze hijgen. De  $\text{CO}_2$  uit de kippenadem wordt door dit hijgen sneller uit de adem naar de buitenlucht afgevoerd dan bij koud weer. De  $\text{CO}_2$  in kippenadem lost in de longen op in het bloed. Van hieruit komt het uiteindelijk terecht in  $\text{CaCO}_3$  van de eierschaal. De volgende evenwichten spelen hierbij een rol.



- 1 Leg met behulp van deze evenwichten uit dat bij warmer weer de eierschaal dunner wordt.
- 2 Noem twee maatregelen die de kippenboer bij warm weer kan nemen om het dunner worden van eierschalen tegen te gaan. Licht je antwoord toe.

## Opgave 9 Reactie van zwaveldioxide met zuurstof

Zwaveldioxide en zuurstof reageren bij verhoogde temperatuur tot zwaveltrioxide. Deze reactie is exotherm.

- 1 Geef de reactievergelijking die bij dit evenwicht hoort.
- 2 Geef aan hoe het evenwicht en hoe de concentratie van zuurstof zal veranderen als in een afgesloten ruimte bij constante druk de temperatuur van het evenwichtsmengsel wordt verhoogd.
- 3 Zelfde vraag als het volume bij constante temperatuur wordt verkleind.
- 4 Zelfde vraag als bij gelijkblijvende temperatuur en volume stikstof in de ruimte wordt geperst.

## Opgave 10 Reactie van waterstofsulfide met zwaveldioxide

Wanneer men waterstofsulfide laat reageren met zwaveldioxide, stelt zich in aanwezigheid van een katalysator een evenwicht in. Hierbij worden vast zwavel en waterdamp gevormd.

- 1 Geef het evenwicht weer in een reactievergelijking.

2 Geef de evenwichtsvoorwaarde voor dit evenwicht.

Om de evenwichtsconstante te bepalen, doet men het volgende experiment. In een vat van  $10,0 \text{ dm}^3$  brengt men  $4,00 \text{ mol H}_2\text{S(g)}$  en  $4,00 \text{ mol SO}_2\text{(g)}$ . Vervolgens sluit men het vat af. Na evenwichtinstelling blijkt  $[\text{H}_2\text{S}] = 0,100 \text{ mol}^{-1}$  te zijn.

3 Bereken de waarde van de evenwichtsconstante  $K$  voor dit evenwicht.

4 Leg uit of, en zo ja hoe, het evenwicht zal veranderen als gevolg van een drukverhoging door volumeverkleining.

5 De reactie naar rechts is exotherm. Leg uit of er bij temperatuurverhoging meer, minder of evenveel  $\text{H}_2\text{S(g)}$  in het evenwichtsmengsel aanwezig zal zijn.