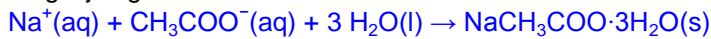


**Opgave 1**

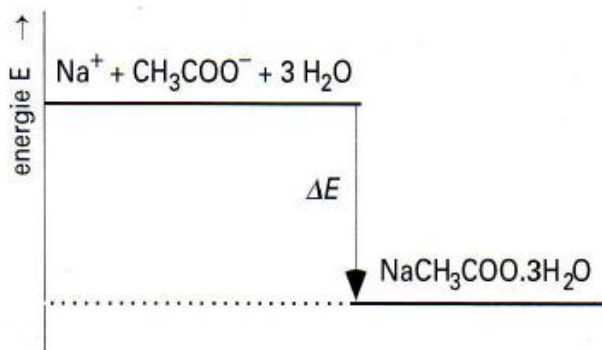
Gekristalliseerd natriumacetaat heeft de verhoudingsformule  $\text{NaCH}_3\text{COO}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ .

Het kristalliseren van natriumacetaat is een exotherm proces. Van deze eigenschap wordt gebruik gemaakt in een zogenoemd 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 vrij.

- 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  
 $0,30 \text{ mol NaCH}_3\text{COO}\cdot 3\text{H}_2\text{O}(\text{s}) \equiv 3 \times 0,30 = 0,90 \text{ mol H}_2\text{O}$  kristalwater  
 $0,90 \text{ mol H}_2\text{O} \equiv 0,90 \times 18,01 \text{ g/mol} = 16 \text{ g H}_2\text{O}$  kristalwater. Ongebonden  $\text{H}_2\text{O} = 40 - 16 = 24 \text{ g}$

Bij het kristallisatieproces komt per mol gekristalliseerd natriumacetaat  $1,97 \cdot 10^4 \text{ J}$  vrij. Om een gram van het mengsel een graad in temperatuur te laten stijgen is  $3,1 \text{ J}$  nodig.

- 23 Bereken de maximale temperatuurstijging in  $^\circ\text{C}$  van het warmtekussen.  
 Benodigde warmte voor 1 graad temperatuurstijging is  $80 \text{ g} \times 3,1 \text{ J/g} = 248 \text{ J}$   
 Ontstane warmte  $0,30 \text{ mol} \times 1,97 \cdot 10^4 \text{ J/mol} = 5,9 \cdot 10^3 \text{ J}$ . De maximale temp. stijging die hiermee kan worden bereikt =  $5,9 \cdot 10^3 \text{ J} : 248 \text{ J/}^\circ\text{C} = 24 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**Opgave 2**

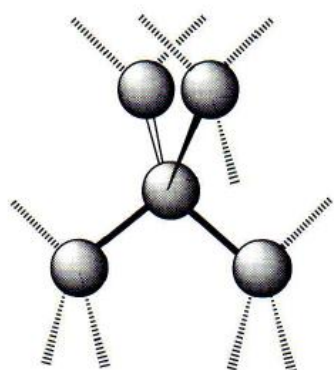
Koolstof komt in verschillende vormen voor. Eén van die vormen is diamant. Diamant is de hardste stof die bekend is. Die hardheid hangt samen met het kristalrooster van diamant.

- 5 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.

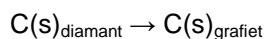
Atoom- of covalente binding

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

In diamant is elk C-atoom door vier andere C-atomen omringd.

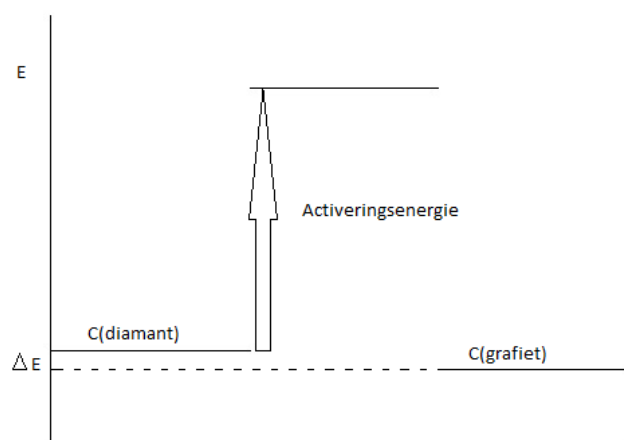


Diamant is een niet stabiele vorm van koolstof. Diamant kan door middel van een exotherme reactie overgaan in grafiet:



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

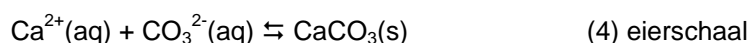
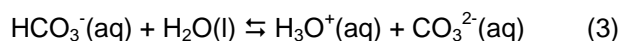
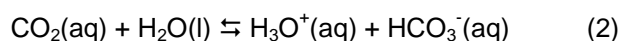
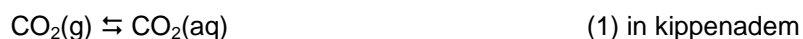
- 7 Schets van de omzetting van diamant in grafiet een energiediagram en geef aan de hand daarvan aan hoe het komt dat diamant bij kamertemperatuur niet wordt omgezet in grafiet. Aangenomen mag worden dat de activeringsenergie voor deze reactie erg groot is. Alleen bij zeer hoge temperaturen wordt er genoeg energie aan het kristalrooster toegevoegd om het diamant-rooster om te zetten in dat van grafiet.



### Opgave 3

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.



- 8 Leg met behulp van deze evenwichten uit dat bij warmer weer de eierschaal dunner wordt. Bij warmer weer is  $[\text{CO}_2(\text{aq})]$  in reactie (1) en, als gevolg daarvan, in reactie (2) kleiner dan bij koud weer. Uit  $K_2$  volgt dan dat  $[\text{HCO}_3^-(\text{aq})]$  kleiner is dan bij warm weer en uit  $K_3$  volgt evenzo een kleinere  $[\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})]$  die beschikbaar is voor de vorming van  $\text{CaCO}_3$  in reactie (4).
- 9 Noem twee maatregelen die de kippenboer bij warm weer kan nemen om het dunner worden van eierschalen tegen te gaan. Licht je antwoord toe. Hij kan de ruimte waarin de kippen verblijven koelen. Hierdoor verschuift het evenwicht van reactie (1) meer naar rechts waardoor  $[\text{CO}_2(\text{aq})]$  groter wordt. Hij kan meer  $\text{Ca}^{2+}$  houdend

voedsel geven. Hierdoor wordt de concentratiebreuk van evenwicht (4) groter dan  $K_4$ ; er ontstaat dan meer  $\text{CaCO}_3$ .

#### Opgave 4

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.

- 10 Toevoeging van natriumacetaat.

$$K = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

Door toevoeging van natriumacetaat neemt  $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$  toe door het oplossen van het zout. Hierdoor wordt de concentratiebreuk groter dan de evenwichtsconstante. Om weer evenwicht te bereiken moet de waarde van de breuk kleiner worden. Er moet meer  $[\text{CH}_3\text{COOH}]$  en minder  $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$  komen. Dit betekent dat de reactie naar links tijdelijk in het voordeel zal zijn totdat de waarde van  $K$  weer is bereikt.

- 11 Verwarming.

Bij toevoeren van energie is tijdelijk de endotherme reactie in het voordeel. De reactie naar rechts is dus tijdelijk in het voordeel.

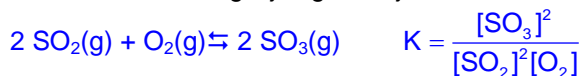
- 12 Verdunning met water.

Door verdunning met water worden alle concentraties in dezelfde mate kleiner. Hierdoor wordt de teller van de concentratiebreuk kleiner dan de noemer; de concentratiebreuk wordt zodoende kleiner dan de evenwichtsconstante. Er moet meer  $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$  en  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  en minder  $[\text{CH}_3\text{COOH}]$  komen. Dit betekent dat de reactie naar rechts tijdelijk in het voordeel is totdat de waarde van  $K$  weer is bereikt.

#### Opgave 5

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

- 13 Geef de reactievergelijking die bij dit evenwicht hoort.



- 14 Geef aan hoe het evenwicht en hoe de concentratie van zuurstof zal veranderen als in een afgesloten ruimte bij constante druk te temperatuur van het evenwichtsmengsel wordt verhoogd.

Bij toevoeren van energie is tijdelijk de endotherme reactie in het voordeel. De reactie naar links is dus tijdelijk in het voordeel. Hierdoor ontstaat meer  $\text{O}_2$ , dus neemt  $[\text{O}_2]$  toe.

- 15 Zelfde vraag als het volume bij constante temperatuur wordt verkleind.

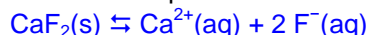
Door volumeverkleining nemen de concentraties toe. Hierdoor wordt de noemer van de concentratiebreuk groter dan de teller; de concentratiebreuk wordt zodoende kleiner dan de evenwichtsconstante. Er moet meer  $[\text{SO}_3]$  en minder  $[\text{SO}_2]$  en  $[\text{O}_2]$  komen. Dit betekent dat de reactie naar rechts tijdelijk in het voordeel is totdat de waarde van  $K$  weer is bereikt.

- 16 Zelfde vraag als bij gelijkblijvende temperatuur en volume stikstof in de ruimte wordt geperst.

$\text{N}_2$  is een inert gas en bij gelijkblijvende temperatuur en volume verandert de ligging niet, omdat de partiële drukken niet veranderen.

#### Opgave 6

- 17 Bereken de oplosbaarheid van calciumfluoride in water in gram per liter oplossing.



Stel er lost  $x$  mol  $\text{CaF}_2$  per L op.  $x$  mol  $\text{CaF}_2 \rightleftharpoons x$  mol  $\text{Ca}^{2+} \rightleftharpoons 2x$  mol  $\text{F}^-$

$$K_s = [\text{Ca}^{2+}][\text{F}^-]^2 \quad 1,5 \cdot 10^{-11} = x(2x)^2 \quad x = 1,55 \cdot 10^{-4}$$

In een verzadigde oplossing bevindt zich dus  $= 1,55 \cdot 10^{-4}$  mol  $\text{CaF}_2/\text{L} = 1,55 \cdot 10^{-4}$  mol  $\times 78,08$  g/mol  $= 1,2 \cdot 10^{-2}$  g/L.

#### Opgave 7

- 18 Bereken de oplosbaarheid van bariumsulfaat in een oplossing die 284 mg natriumsulfaat per

L bevat.



$$284 \text{ mg Na}_2\text{SO}_4 \equiv 284 \text{ mg} : 142,0 \text{ g/mol} = 2,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol Na}_2\text{SO}_4 \equiv 2,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol SO}_4^{2-}$$

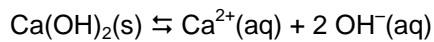
Stel er lost  $x$  mol  $\text{BaSO}_4/\text{L}$  op; hieruit ontstaat  $x$  mol  $\text{Ba}^{2+}$  en  $x$  mol  $\text{SO}_4^{2-}$

$$[\text{Ba}^{2+}] = x \text{ en } [\text{SO}_4^{2-}] = x + 2,00 \cdot 10^{-3} \quad \text{Substitutie in } K_s \text{ geeft: } 1,1 \cdot 10^{-10} = x(x + 2,00 \cdot 10^{-3})$$

$$x = [\text{Ba}^{2+}] = 5,0 \cdot 10^{-8} \quad \text{In 1 L natriumsulfaatoplossing lost op: } 5,0 \cdot 10^{-8} \text{ mol} \times 233,5 \text{ g/mol} = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ g} = 0,012 \text{ mg BaSO}_4$$

## Opgave 8

Calciumhydroxide is een matig oplosbaar zout. Annet mengt wat calciumhydroxide met water. Zij krijgt een suspensie waarin zich een evenwicht heeft ingesteld:



Annet wil de waarde van de evenwichtsconstante experimenteel bepalen. Zij gaat de  $[\text{OH}^-]$  in de verzadigde oplossing bepalen met een titratie met zoutzuur. Voordat zij dat doet, moet ze de suspensie eerst filtreren.

- 19 Leg met behulp van het evenwicht uit waarom het nodig is om de suspensie eerst te filtreren. Ze moet eerst het neerslag affiltreren om te voorkomen dat de concentratiebreuk kleiner wordt dan  $K_s$ . Immers als ze gaat titreren reageren  $\text{OH}^-$  ionen met  $\text{H}_3\text{O}^+$  ionen. Hierdoor zou het evenwicht naar rechts verschuiven waardoor er  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  oplost.

Annet heeft bepaald dat in de verzadigde oplossing geldt:  $[\text{OH}^-(\text{aq})] = 1,62 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ .

- 20 Bereken de waarde van het oplosbaarheidsproduct  $K_s$ .

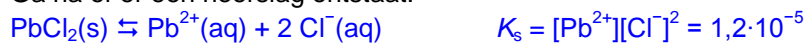
$$K_s = [\text{Ca}^{2+}][\text{OH}^-]^2 \quad [\text{OH}^-] = 1,62 \cdot 10^{-2} \text{ dan is } [\text{Ca}^{2+}] = \frac{1}{2} \times 1,62 \cdot 10^{-2} = 0,810 \cdot 10^{-2}$$

$$\text{Substitutie in } K_s \text{ levert: } K_s = 0,810 \cdot 10^{-2} (1,62 \cdot 10^{-2})^2 = 1,31 \cdot 10^{-6}$$

## Opgave 9

Aan 100 mL van een oplossing die 3,31 g loodnitraat per L bevat, wordt 100 mL 0,10 molair zoutzuur toegevoegd.

- 21 Ga na of er een neerslag ontstaat.



$$100 \text{ mL Pb}(\text{NO}_3)_2\text{-oplossing} \equiv 3,31 \text{ g} : 331,2 \text{ g/mol} = 1,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol Pb}^{2+}$$

$$100 \text{ mL } 0,10 \text{ M zoutzuur} \equiv 100/1000 \times 0,10 = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol Cl}^-$$

$$\text{In totaal } 200 \text{ mL oplossing aanwezig: } [\text{Pb}^{2+}] = 1,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol} : 0,200 \text{ L} = 5,00 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$[\text{Cl}^-] = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} : 0,200 \text{ L} = 5,00 \cdot 10^{-2} \text{ M}$$

De concentratiebreuk =  $5,00 \cdot 10^{-3} \cdot 5,00 \cdot 10^{-2} = 1,3 \cdot 10^{-5}$  Deze is groter dan  $K_s$ . Er ontstaat dus een neerslag van loodchloride.