

Oefenopgaven vwo

ENERGIE, REACTIESNELHEID en EVENWICHT

OPGAVE 1

Happy en Fifax zijn merknamen van middelen die verstopte afvoeren weer ontstoppen. De inhoud van de verpakkingen blijkt te bestaan uit korrels natriumhydroxide. Als het natriumhydroxide in een verstopte afvoer wordt gebracht, lost het op in het aanwezige water en verwijdert het vuil.

- 01 Geef de vergelijking voor het oplossen van natriumhydroxide.

De energieverandering die tijdens het oplossen van natriumhydroxide optreedt is negatief.

- 02 Wat wordt met deze uitspraak bedoeld? Goed uitleggen.

- 03 Zal de temperatuur van het water in de verstopte afvoer stijgen of dalen als er wat natriumhydroxide in wordt gedaan? Leg uit.

OPGAVE 2

In tabel 62 van BINAS staan ionisatie-energieën. Voor de elementen uit groep 2 staan de eerste ionisatie-energieën *niet* vermeld. Bij calcium bijvoorbeeld gaat het om het volgende proces:



Calcium staat in het Periodiek Systeem één plaats verder dan kalium.

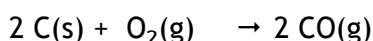
- 04 Beredeneer of de eerste ionisatie-energie van calcium groter of kleiner is dan die van kalium.

In de eerste kolom van tabel 62 van BINAS zie je dat de ionisatie-energieën vanaf lithium tot en met cesium (regelmatig) afnemen.

- 05 Geef een verklaring voor deze afname.

OPGAVE 3

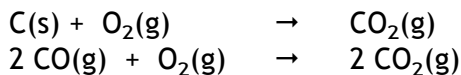
Als je de reactiewarmte experimenteel wilt bepalen, kun je gebruik maken van water. Het energie-effect van de reactie bepaalt of het water warmer wordt of kouder. Met de soortelijke warmte van water kun je berekenen hoeveel warmte het water heeft opgenomen of afgestaan. Men wil van onderstaande reactie de reactiewarmte bepalen:



In de praktijk stuit men hierbij op een probleem. Dat wil zeggen dat de bovenbeschreven manier hier niet werkt.

- 06 Welk probleem is dat? (beschouw de reactie als aflopend)

Men kan echter wel van de volgende reacties de reactiewarmte zonder problemen experimenteel bepalen:



De resultaten van de experimenten kan men weer gebruiken om de reactiewarmte van de eerstgenoemde reactie te *berekenen*.

- 07 Leg dit uit. Dit kan zonder getallen.

OPGAVE 4

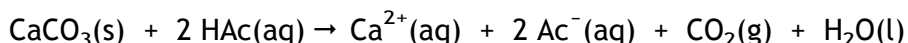
In tabel 45B van BINAS staan kwantitatieve gegevens over zouten in water. Je kunt daar de oplosbaarheid van zouten vinden in mol per kg water. Dit mag je lezen als: mol per liter water.

Het oplossen van kaliumfluoride is een exotherm proces. Stel dat je voor een practicum een oplossing moet maken van 20 gram kaliumfluoride in 150 mL water. Dan kun je natuurlijk 150 mL water afmeten en hierin 20 gram kaliumfluoride oplossen. Dit is echter niet de beste manier! Beter is het als je de 20 gram kaliumfluoride oplost in iets minder dan 150 mL, bijvoorbeeld 100 mL of 125 mL, en later aanvult met water tot 150 mL.

- 08 Leg uit waarom de tweede manier beter is dan de eerste.
Iemand beweert dat het nog beter is als je de 20 gram kaliumfluoride oplost in een klein volume, bijvoorbeeld 25 mL, en dit met water aanvult tot 150 mL.
- 09 Leg uit of deze manier inderdaad beter is.
Je maakt nu een *verzadigde* oplossing van kaliumfluoride.
- 10 Bereken hoeveel graden het water in temperatuur stijgt. (maakt het volume hierbij uit?)

OPGAVE 5

Ketelsteen (calciumcarbonaat) kan verwijderd worden door het te overgieten met een overmaat azijn. Azijn bevat azijnzuur (CH_3COOH of verkort weergegeven met HAc). De vergelijking van de reactie die daarbij optreedt luidt:



Een leerling krijgt de opdracht van deze reactie te laten zien dat de snelheid gedurende de reactie afneemt. In een diagram moet dit duidelijk gemaakt worden.

- 11 Beschrijf de handelingen die de leerling moet verrichten om zo'n diagram te kunnen maken.
- 12 Leg uit hoe uit het diagram volgt dat de snelheid gedurende de reactie afneemt.
Het experiment wordt herhaald met dezelfde hoeveelheid calciumcarbonaat, maar nu met zoutzuur in plaats van azijnzuur. Het zoutzuur en de azijnzuur hebben dezelfde molariteit.
- 13 Leg uit dat het voor het eerlijk vergelijken van beide proeven niet uitmaakt of de gebruikte volumes van de zuren gelijk zijn.
Leg uit of en hoe het diagram dat van de proef met zoutzuur is gemaakt verschilt met het diagram dat van de proef met azijnzuur is gemaakt.

OPGAVE 6

Waterstofperoxide ontleedt onder invloed van licht: $2 \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g})$.

De ontleding verloopt veel sneller wanneer je wat bruinsteen (MnO_2) toevoegt.

- 14 Welke functie heeft het bruinsteen hier?
- 15 Hoe kun je deze functie van het bruinsteen controleren?
- 16 Leg uit of het voor de reactiesnelheid uitmaakt of je het bruinsteen wel of niet fijn verdeeld toevoegt. Maak bij de uitleg gebruik van het botsingsmodel.

OPGAVE 7

In een ruimte van 5,00 liter brengt men 9,50 mol $\text{HCl}(\text{g})$ en 2,60 mol $\text{O}_2(\text{g})$. Na evenwichtsinstelling is 40,0% van de beginstoffen omgezet en is er $\text{Cl}_2(\text{g})$ en $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ontstaan.

- 17 Bereken de concentraties bij evenwicht.
- 18 Bereken de evenwichtsconstante.

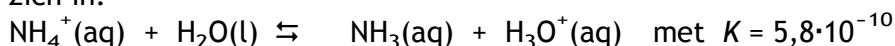
OPGAVE 8

Men mengt 30,0 mol H_2 en 10,0 mol N_2 in een reactor van 1000 dm^3 . Als het evenwicht is ingesteld, is er 4,0 mol NH_3 ontstaan.

- 19 Bereken de evenwichtsconstante.

OPGAVE 9

Men mengt 0,10 mol NH_3 en 0,15 mol NH_4Cl in 1,0 liter water. Het volgende evenwicht stelt zich in:



Neem aan dat bij het instellen van het evenwicht de hoeveelheden NH_3 en NH_4^{+} verwaarloosbaar veranderen.

- 20 Bereken de concentratie van de ionen H_3O^{+} in mol per liter bij evenwicht.

Aan het evenwichtsmengsel wordt 3,2 gram NaOH toegevoegd. De volgende reactie treedt op:
 $\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{NH}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

Na deze verstoring zal het evenwicht zich opnieuw instellen.

- 21 Bereken de concentratie van de ionen H_3O^+ in mol per liter als het evenwicht zich opnieuw heeft ingesteld.

OPGAVE 10

In een reactievat van 1,0 liter brengt men een bepaalde hoeveelheid PCl_3 bij 0,040 mol Cl_2 en laat het volgende evenwicht instellen: $\text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_5(\text{g})$

Onder de gegeven omstandigheden geldt: $K = 17$. Bij evenwicht is er 0,020 mol PCl_5 ontstaan.

- 22 Bereken hoeveel mol PCl_3 je moet mengen met 0,040 mol Cl_2 om bij evenwicht 0,020 mol PCl_5 te hebben.

OPGAVE 11

Men doet een stukje Co in 25,0 mL 0,400 M NiCl_2 -oplossing. Het volgende evenwicht stelt zich in: $\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + \text{Co}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ni}(\text{s}) + \text{Co}^{2+}(\text{aq})$. Er geldt: $K = 3,22$

- 23 Bereken de concentratie van Co^{2+} en van Ni^{2+} in mol per liter als het evenwicht is ingesteld.

Na instelling voegt men 5,00 mL 0,150 M CoCl_2 -oplossing toe.

- 24 Bereken de concentratie van Co^{2+} en van Ni^{2+} in mol per liter als het evenwicht opnieuw is ingesteld.

OPGAVE 12

Aan 25,0 mL leidingwater wordt 50,0 mL 0,0840 M AgNO_3 -oplossing toegevoegd. Er ontstaat een neerslag van AgCl .

- 25 Bereken de minimale concentratie Cl^- in mol per liter in het leidingwater.

OPGAVE 13

Het giftige gas fosgeen (COCl_2) ontleedt al bij lage temperatuur in koolstofmonoxide en chloor. Dit is een evenwichtsreactie.

- 26 Geef de reactievergelijking van deze ontleding.

- 27 Beredeneer naar welke kant het evenwicht verschuift als we extra chloorgas toevoegen aan het evenwichtsmengsel.

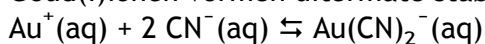
- 28 Beredeneer naar welke kant het evenwicht verschuift als we het volume van het reactievat verkleinen.

In een vat van 1,0 liter brengen we 0,20 mol fosgeen. Bij een bepaalde temperatuur laten we het evenwicht intreden. In het evenwichtsmengsel blijkt dan 0,040 mol Cl_2 aanwezig te zijn.

- 29 Bereken de waarde van de evenwichtsconstante.

OPGAVE 14

Goud(I)ionen vormen uitermate stabiele complexe ionen met cyanide-ionen:



Volgens een literatuurbron bedraagt de evenwichtsconstante voor deze complexvorming $3,0 \cdot 10^{38}$.

- 30 Geef de evenwichtsvoorwaarde van dit evenwicht en leg uit wat hier bedoeld wordt met uitermate stabiele complexe ionen.

- 31 Bereken de concentratie Au^+ -ionen in mol per liter in een oplossing waarin geldt:

$$[\text{CN}^-] = 0,40 \text{ mol L}^{-1} \text{ en } [\text{Au}(\text{CN})_2^-] = 0,15 \text{ mol L}^{-1}.$$

- 32 Bereken het aantal Au^+ -ionen dat zich bevindt in 1,0 L van de bovenstaande oplossing.

- 33 Leg uit dat het eigenlijk onzinnig is om deze complexvorming een evenwichtsreactie te noemen.

Goud(III)bromide is een slecht oplosbaar zout. Als we aan een suspensie van AuBr in water een overmaat NaCN toevoegen, lost AuBr echter op.

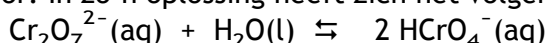
- 34 Geef hiervoor een verklaring met behulp van een evenwichtsbeschouwing.

We beschikken over 1,0 L van een oplossing, waarin $1,2 \cdot 10^{-2}$ mol Au^+ -ionen aanwezig is. We voegen daar $6,0 \cdot 10^{-2}$ mol NaCN aan toe en roeren tot alles is opgelost. Het volume blijft tijdens het oplossen van NaCN constant.

- 35 Bereken de concentratie van vrije Au^+ -ionen in de nu ontstane oplossing.

OPGAVE 15

In een oplossing van kaliumdichromaat komen, behalve ionen K^+ en $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, ook ionen HCrO_4^- voor. In zo'n oplossing heeft zich het volgende evenwicht ingesteld:



Voor dit evenwicht geldt: $K = \frac{[\text{HCrO}_4^-]^2}{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]}$

Bij verdunning van een kaliumdichromaatoplossing verschuift dit evenwicht naar rechts.

- 36 Leg dit uit aan de hand van de evenwichtsvoorwaarde.

Omdat HCrO_4^- een zwak zuur is, kan men in een oplossing van kaliumdichromaat ook de aanwezigheid van ionen CrO_4^{2-} verwachten.

- 37 Geef de ionisatievergelijking van het zwakke zuur HCrO_4^- .

- 38 Geef de formule voor K_z van het zuur HCrO_4^- .

Men maakt een oplossing van 0,082 molair kaliumdichromaat en meet een pH van 4,73. De waarde van K_z van HCrO_4^- bedraagt $1,0 \cdot 10^{-7}$.

- 39 Bereken de waarde van de evenwichtsconstante van bovengenoemd evenwicht.

Bij reacties met kaliumdichromaat gebruikt men meestal een aangezuurde oplossing. Men kan berekenen dat in een aangezuurde oplossing van kaliumdichromaat, waarvan de pH kleiner is dan 3, $[\text{CrO}_4^{2-}]$ zeer klein is ten opzichte van $[\text{HCrO}_4^-]$.

- 40 Geef deze berekening.

OPGAVE 16

Oplosbaarheid is een belangrijke factor bij de bepaling van de milieuverontreiniging van zouten. Zo kan men het verschil in oplosbaarheid gebruiken om bariumionen van strontiumionen te scheiden in een oplossing.

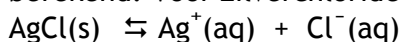
Men heeft een oplossing met $[\text{Ba}^{2+}] = 0,010 \text{ M}$ en $[\text{Sr}^{2+}] = 0,010 \text{ M}$. Aan deze oplossing wordt een overmaat natriumsulfaatoplossing toegevoegd. Er ontstaat een neerslag van bariumsulfaat en van strontiumsulfaat.

- 41 Geef van deze twee reacties de reactievergelijking.

De oplosbaarheid van beide sulfaten wordt bepaald door hun oplosbaarheidsproduct. Zie tabel 46 van BINAS. Uit deze oplosbaarheidsproducten blijkt dat bariumsulfaat veel slechter oplost dan strontiumsulfaat. Het is dus aannemelijk dat bij het toevoegen van de natriumsulfaatoplossing eerst bariumsulfaat zal neerslaan.

- 42 Toon door een berekening aan dat de concentratie bariumionen $3,2 \cdot 10^{-6} \text{ M}$ bedraagt op het moment dat strontiumsulfaat begint neer te slaan.

Uit het oplosbaarheidsproduct van een zout kan de oplosbaarheid in mol per liter worden berekend. Voor zilverchloride geldt:



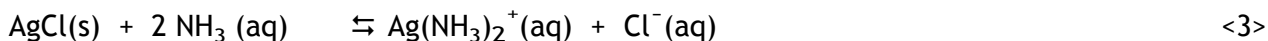
<1>

- 43 Bereken de oplosbaarheid van zilverchloride in water.

Sommige metaalionen kunnen complexe ionen vormen. Een voorbeeld van zo'n complex ion is $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$. Dit complex bestaat uit een centraal Ag^+ -ion dat is gebonden aan twee NH_3 -moleculen. De vorming van zo'n complex is een evenwichtsreactie. Voor het complex $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ geldt:



De vorming van dit complex heeft tot gevolg dat zilverchloride in een 1,0 M NH_3 -oplossing beter oplost dan in water. In een NH_3 -oplossing spelen beide evenwichten <1> en <2> een rol. De oplosbaarheid van zilverchloride in ammonia kan derhalve weergegeven worden met:



- 44 Bereken de waarde van de evenwichtsconstante van evenwicht <3>.

Volgens evenwicht <3> kun je er van uitgaan dat als zilverchloride in een NH_3 -oplossing wordt opgelost er geldt: $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+] = [\text{Cl}^-]$. De oplosbaarheid van zilverchloride is dan gelijk aan de concentratie van de bovengenoemde ionsoorten.

- 45 Bereken de oplosbaarheid van zilverchloride in een 1,0 M NH_3 -oplossing en toon daarmee aan dat de oplosbaarheid van zilverchloride in een 1,0 M NH_3 -oplossing groter is dan in water.

OPGAVE 17

Waterstoffluoride kookt bij 293 K ($p = p_0$). In waterstoffluoridedamp van $T = 293$ K en standaarddruk ($p = p_0$) stelt zich het volgende evenwicht in: $(\text{HF})_6(\text{g}) \rightleftharpoons 6 \text{HF}(\text{g})$

De dichtheid van het gasmengsel van $(\text{HF})_6$ en HF van $T = 293$ K en $p = p_0$ bedraagt $4,8 \text{ g dm}^{-3}$. Onder die omstandigheden is het volume van 1,0 mol gas 24 dm^3 .

- 46 Laat met een berekening aan de hand van deze gegevens zien welke van de soorten moleculen, $(\text{HF})_6$ of HF, het meeste voorkomt in het gasmengsel bij $T = 293$ K en $p = p_0$.

Als bij gelijkblijvende temperatuur de druk van een gas twee maal zo klein wordt, zal de dichtheid van het gas in het algemeen ook twee maal zo klein worden. Dit is echter niet het geval als de druk van het gasmengsel van $(\text{HF})_6$ en HF (bij 293 K en $p = p_0$) twee maal zo klein wordt. De dichtheid van het gasmengsel van $(\text{HF})_6$ en HF van $T = 293$ K en $p = \frac{1}{2} p_0$ is niet $2,4 \text{ g dm}^{-3}$, maar kleiner dan $2,4 \text{ g dm}^{-3}$.

- 47 Leg uit hoe het komt dat die dichtheid in dat geval kleiner is dan $2,4 \text{ g dm}^{-3}$.

Uit resultaten van metingen aan het bovengenoemde evenwicht bij $T = 353$ K en $p = p_0$ heeft men kunnen afleiden dat onder die omstandigheden de moleculen die in het gasmengsel aanwezig zijn, voor 21% moleculen $(\text{HF})_6$ zijn en voor 79% moleculen HF.

- 48 Bereken de waarde van de evenwichtsconstante K van het evenwicht $(\text{HF})_6(\text{g}) \rightleftharpoons 6 \text{HF}(\text{g})$ bij $T = 353$ K en $p = p_0$.

Oefenopgaven vwo

ENERGIE, REACTIESNELHEID en EVENWICHT

OPGAVE 1

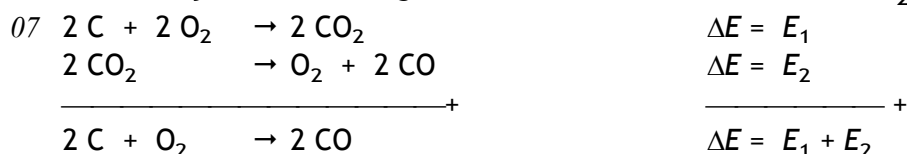
- 01 $\text{NaOH(s)} \rightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$
- 02 De stof raakt energie kwijt aan de omgeving. De producten hebben een lager energieniveau dan de beginstoffen.
- 03 Er komt warmte vrij (exotherm). De temperatuur van het water zal stijgen.

OPGAVE 2

- 04 Elektronen worden aangetrokken door de kern. Een grotere kernlading betekent een grotere aantrekkingskracht. Een grotere afstand tot de kern betekent een kleinere aantrekkingskracht. Hier overheerst de eerste factor, want Ca en K staan in dezelfde periode en hebben dus hetzelfde aantal schillen. De kernlading van Ca is groter, dus zal ook de eerste ionisatie-energie groter zijn.
- 05 Hier overheerst de tweede factor. Hoewel de kernlading toeneemt, neemt ook de afstand tot de kern toe, omdat er iedere periode een schil bijkomt (als de afstand tussen twee ladingen r keer zo groot wordt, wordt de kracht r^2 keer zo klein).

OPGAVE 3

- 06 Je kunt bij de verbranding van C niet voorkomen dat er ook CO_2 ontstaat.



E_2 haal je uit de verbrandingsenergie van CO (experimenteel bepaald) door het teken om te draaien. Als de optelsom van twee reacties de gewenste reactie oplevert, dan levert de optelsom van de afzonderlijke reactie-energieën ook de gewenste reactie-energie op (wet van Hess).

OPGAVE 4

- 08 150 mL water + 20 gram KF $\rightarrow$ meer dan 150 mL oplossing.
- 09 Ja, er komt warmte vrij. Door het kleine volume stijgt de temperatuur sterk. Bij hogere temperatuur lost het zout sneller op.
- 10 Molariteit (volgens tabel 45B van BINAS): $17,5 \text{ mol L}^{-1}$ (1 kg water $\hat{=}$ 1 L water).
 $150 \div 1000 \times 17,5 = 2,63 \text{ mol KF in 150 mL}$.
 Zie nu tabel met roosterenergie en hydratatie-energie:
 $\Delta E_{\text{opt}} = (+8,2 - 3,1 - 5,2) \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1} = -0,1 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$.
 $\times 2,63 \text{ mol} = 2,63 \cdot 10^4 \text{ J} = Q$
 $Q = c \times m \times \Delta T \rightarrow 2,63 \cdot 10^4 = 4,18 \times 150 \times \Delta T \rightarrow \Delta T = 41,9^\circ \text{C}$
 (in werkelijkheid zal de temperatuurstijging kleiner zijn, wegens warmteverlies aan de omgeving en afkoeling tijdens het oplossen)

OPGAVE 5

- 11 Eerste manier
 De leerling kan het $\text{CO}_2(\text{g})$ opvangen (in een gasmeetspuit of omgekeerde maatcilinder gevuld met water) en om de zoveel seconden meten hoeveel mL gas er ontstaan is.
- Tweede manier
 De leerling plaatst de opstelling op een weegschaal en meet om de zoveel seconden de massa van het geheel. De massa zal afnemen omdat het ontstane $\text{CO}_2(\text{g})$ niet meer meegewogen wordt.

12 *Eerste manier*

De grafiek stijgt eerst snel, maar daarna steeds langzamer. Per tijdseenheid wordt dus steeds minder CO₂(g) gevormd wat duidt op een afnemende reactiesnelheid.

Tweede manier

De grafiek daalt eerst vrij snel, maar daarna steeds langzamer. Per tijdseenheid verdwijnt dus steeds minder CO₂(g) uit de opstelling wat duidt op een afnemende reactiesnelheid.

- 13 Het gaat bij dit experiment om reactiesnelheid. Deze wordt onder andere bepaald door de concentratie van het zuur en niet door de hoeveelheid zuur. Die hoeveelheid is overigens bij beide proeven een overmaat.
- 14 De reactie van calciumcarbonaat met zoutzuur verloopt *sneller* dan de reactie van calciumcarbonaat met azijnzuur. Dit komt omdat zoutzuur een sterk zuur is en azijnzuur een zwak zuur. In zoutzuur is de concentratie H⁺ groter dan in azijnzuur en dit bepaalt de snelheid. In het diagram zie je dus een verschil. Bij de eerste manier zie je dat de grafiek van de proef met zoutzuur sneller stijgt en ook eerder horizontaal loopt (een aanwijzing dat dan de reactie afgelopen is). Bij de tweede manier zie je dat de grafiek van de proef met zoutzuur sneller daalt en ook eerder horizontaal loopt.

OPGAVE 6

- 15 Bruinsteen is hier de katalysator.
- 16 Een katalysator wordt niet verbruikt. Als de reactie afgelopen is en je voegt nog wat waterstofperoxide toe, dan verloopt de reactie weer even snel als in het begin.
- 17 Bij fijn verdeeld bruinsteen heb je een groter oppervlak. Er kunnen dan meer deeltjes tegelijkertijd botsen. De reactie zal dan nog sneller verlopen.

OPGAVE 7

- 18 Uit de hoeveelheden blijkt dat er een overmaat zuurstof aanwezig is. Met 9,50 mol HCl kan maximaal 2,38 mol O₂ reageren. Voor de omzetting van 40,0% gaan we daarom uit van HCl. Er zal 3,80 mol HCl worden omgezet (40,0% van 9,50 mol). Hieronder staat het evenwicht dat zich instelt, met daaronder de hoeveelheden in mol bij het begin (B), gedurende de reactie/evenwichtsinstelling (R) en aan het eind/bij evenwicht (E):

4 HCl(g) + O ₂ (g) ⇌ 2 Cl ₂ (g) + 2 H ₂ O(g)			
9,50	2,60	0	0
3,80	0,95	1,90	1,90
—	—	—	—
5,70	1,65	1,90	1,90

Begin

Reactie (volgens molverhouding)

Eind

Het volume is 5,0 liter, dus:

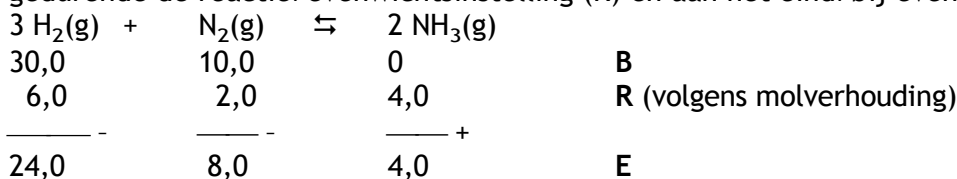
$$[\text{HCl}] = 5,70 \div 5,00 = 1,14 \text{ M}; \quad [\text{O}_2] = 1,65 \div 5,00 = 0,330 \text{ M};$$

$$[\text{Cl}_2] = [\text{H}_2\text{O}] = 1,90 \div 5,00 = 0,380 \text{ M}$$

$$19 \quad K = \frac{[\text{Cl}_2]^2 \times [\text{H}_2\text{O}]^2}{[\text{HCl}]^4 \times [\text{O}_2]} \rightarrow K = \frac{0,380^2 \times 0,380^2}{1,14^4 \times 0,330} = 0,0374$$

OPGAVE 8

- 20 Het volgende evenwicht stelt zich in, met daaronder de hoeveelheden in mol bij het begin (B), gedurende de reactie/evenwichtsinstelling (R) en aan het eind/bij evenwicht (E):



$$K = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{H}_2]^3 \times [\text{N}_2]} \rightarrow K = \frac{(4 \div 1000)^2}{(24 \div 1000)^3 \times (8 \div 1000)} = \underline{1,4 \cdot 10^2}$$

OPGAVE 9

- 21 Na instelling van het evenwicht is er x mol H_3O^+ ontstaan. Omdat de hoeveelheden NH_3 en NH_4^+ verwaarloosbaar veranderd zijn, blijven deze hoeveelheden respectievelijk 0,10 mol en 0,15 mol. In de evenwichtsvoorwaarde komt $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ niet voor (alleen (aq) en (g) komen voor).

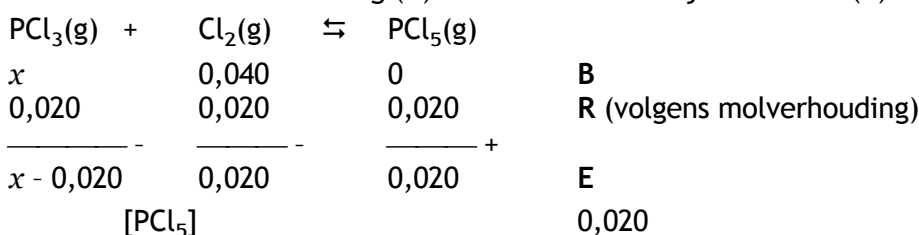
$$K = \frac{[\text{NH}_3] \times [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]} \rightarrow K = \frac{0,10 \times x}{0,15} = 5,8 \cdot 10^{-10} \rightarrow x = [\text{H}_3\text{O}^+] = \underline{8,7 \cdot 10^{-10} \text{ M}}$$

- 22 Er is $3,2 \div 40,0 = 0,080$ mol OH^- toegevoegd. Hierdoor is er 0,080 mol NH_4^+ weggereageerd en blijft er $0,15 - 0,080 = 0,070$ mol NH_4^+ over. Tevens is er 0,080 mol NH_3 bijgekomen: $0,10 + 0,080 = 0,18$ mol NH_3 . De hoeveelheid H_3O^+ wordt weer op x gesteld.

$$K = \frac{[\text{NH}_3] \times [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]} \rightarrow K = \frac{0,18 \times x}{0,07} = 5,8 \cdot 10^{-10} \rightarrow x = [\text{H}_3\text{O}^+] = \underline{2,3 \cdot 10^{-10} \text{ M}}$$

OPGAVE 10

- 23 De hoeveelheid PCl_3 is onbekend en stellen we gelijk aan x . Hieronder staat de evenwichtsreactie met daaronder de hoeveelheden in mol bij het begin (B), gedurende de reactie/evenwichtsinstelling (R) en aan het eind/bij evenwicht (E):



$$K = \frac{[\text{PCl}_5]}{[\text{PCl}_3] \times [\text{Cl}_2]} = 17 \rightarrow K = \frac{0,020}{(x - 0,020) \times (0,020)} = 17 \rightarrow x = \underline{0,079 \text{ mol PCl}_3}$$

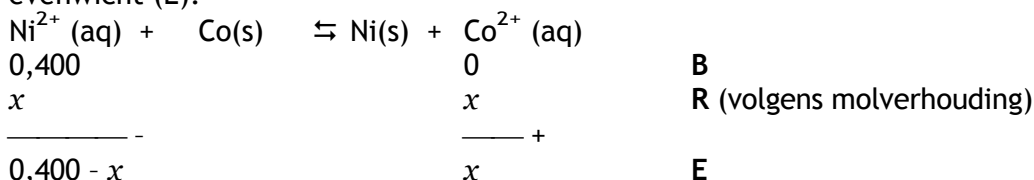
OPGAVE 11

$$24 \quad K = \frac{[\text{Co}^{2+}]}{[\text{Ni}^{2+}]}$$

$K = \frac{[\text{Co}^{2+}]}{[\text{Ni}^{2+}]} = 3,22 \rightarrow$ Alleen het aantal mol per liter van de ionen is van belang.

Het aantal mol per liter dat er verdwijnt aan Ni^{2+} is gelijk aan het aantal mol per liter dat er ontstaat aan Co^{2+} . Deze hoeveelheid noemen we x .

Hieronder staat de evenwichtsreactie met daaronder de concentratie van de ionen in mol per liter bij het begin (B), gedurende de reactie/evenwichtsinstelling (R) en aan het eind/bij evenwicht (E):



$$K = x / (0,400 - x) = 3,22 \rightarrow x = 0,305 \text{ M, dus } [\text{Co}^{2+}] = 0,305 \text{ M en } [\text{Ni}^{2+}] = 0,095 \text{ M}$$

- 25 Omdat K dimensieloos is, mag hier met (m)mol gewerkt worden i.p.v. concentratie. Dit maakt het rekenwerk een stuk eenvoudiger.

Bij evenwicht aanwezig:

$$25,0 \text{ mL} \times 0,095 \text{ mmol mL}^{-1} = 2,38 \text{ mmol Ni}^{2+} \text{ en}$$

$$25,0 \text{ mL} \times 0,305 \text{ mmol mL}^{-1} = 7,63 \text{ mmol Co}^{2+}$$

Toegevoegd:

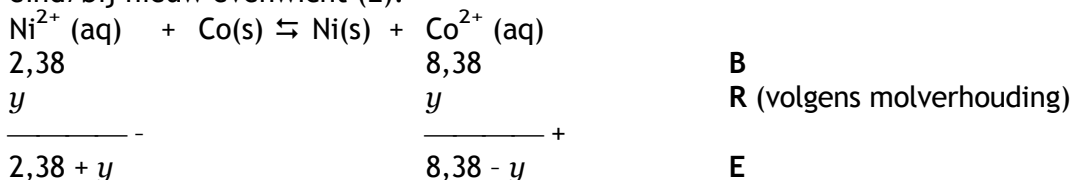
$$5,00 \text{ mL} \times 0,150 \text{ mmol mL}^{-1} = 0,750 \text{ mmol Co}^{2+}$$

Totaal aanwezig:

$$7,63 + 0,750 = 8,38 \text{ mmol Co}^{2+}$$

Dit is direct na toevoegen van de CoCl_2 -oplossing. Vanuit deze toestand gaat het evenwicht zich opnieuw instellen. Het evenwicht zal de verstoring tegenwerken door naar links te verschuiven. Hierdoor neemt de hoeveelheid Co^{2+} af met y mmol. Tegelijkertijd neemt de hoeveelheid Ni^{2+} toe met y mmol. Het eindvolume wordt $25,0 + 5,0 = 30,0 \text{ mL}$.

Hieronder staat de evenwichtsreactie met daaronder de hoeveelheden van de ionen in mmol bij het begin/nieuwe situatie (B), gedurende de reactie/evenwichtsinstelling (R) en aan het eind/bij nieuw evenwicht (E):



$$K = (8,38 - y) / (2,38 + y) = 3,22 \rightarrow y = 0,170 \text{ mmol}$$

$$\text{Co}^{2+} = 8,38 - 0,170 = 8,21 \text{ mmol in } 30,0 \text{ mL} \rightarrow [\text{Co}^{2+}] = 8,21 \text{ mmol} \div 30,0 \text{ mL} = 0,274 \text{ M}$$

$$\text{Ni}^{2+} = 2,38 + 0,170 = 2,55 \text{ mmol in } 30,0 \text{ mL} \rightarrow [\text{Ni}^{2+}] = 2,55 \text{ mmol} \div 30,0 \text{ mL} = 0,0850 \text{ M}$$

OPGAVE 12

- 26 Het volume van de AgNO_3 -oplossing neemt toe tot 75,0 mL. De oplossing wordt dus 1,50 keer verdund. Direct na mengen geldt $[\text{Ag}^+] = 0,0840 \div 1,50 = 0,0560 \text{ M}$.
 Het oplosbaarheidsproduct, K_s , van AgCl bedraagt $1,8 \cdot 10^{-10}$.
 Als AgCl neerslaat, geldt: $[\text{Ag}^+] \times [\text{Cl}^-] > 1,8 \cdot 10^{-10}$, dus $[\text{Cl}^-] > 1,8 \cdot 10^{-10} \div 0,0560 > 3,2 \cdot 10^{-9} \text{ M}$.

OPGAVE 13

- 27 $\text{COCl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$
 28 De verstoring wordt tegengewerkt: het evenwicht zal naar links verschuiven zodat de hoeveelheid chloor weer afneemt.
 29 Door volumeverkleining worden de concentraties van alle stoffen groter. Deze verstoring wordt tegengewerkt. Het evenwicht zal zodanig verschuiven dat het totale aantal deeltjes minder wordt. Dus naar links.
 30 Alle molverhoudingen 1 : 1 : 1. Er is dus ook 0,040 mol $\text{CO}(\text{g})$ ontstaan en er is 0,040 mol $\text{COCl}_2(\text{g})$ verdwenen. Blijft over: $0,20 - 0,040 = 0,16 \text{ mol COCl}_2$. $K = (0,040)^2 \div 0,16 = 0,010$.

OPGAVE 14

- 31 $K = [\text{Au}(\text{CN})_2^-] / \{ [\text{Au}^+] \times [\text{CN}^-]^2 \} = 3,0 \cdot 10^{33}$.
 K is zeer groot, dus is er voornamelijk $\text{Au}(\text{CN})_2^-$.
 32 $3,0 \cdot 10^{33} = 0,15 / ([\text{Au}^+] \times 0,40^2) \rightarrow [\text{Au}^+] = 3,1 \cdot 10^{-39} \text{ M}$.
 33 $3,1 \cdot 10^{-39} \times 6,02 \cdot 10^{23} = 1,9 \cdot 10^{-15}$ ionen per liter.
 34 De reactie kan als aflopend beschouwd worden.
 35 De paar vrije Au^+ -ionen worden door CN^- -ionen gebonden tot $\text{Au}(\text{CN})_2^-$. Hierdoor wordt het evenwicht $\text{AuBr}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Au}^+(\text{aq}) + \text{Br}^-(\text{aq})$ aflopend naar rechts en lost AuBr op.
 36 Molverhouding $\text{Au}^+ : \text{CN}^- = 1 : 2$. Er reageert dus $2,4 \cdot 10^{-2} \text{ mol CN}^-$, zodat er $3,6 \cdot 10^{-2} \text{ mol CN}^-$ overblijft. Tevens ontstaat er $1,2 \cdot 10^{-2} \text{ mol Au}(\text{CN})_2^-$.
 Invullen in K : $3,0 \cdot 10^{38} = 1,2 \cdot 10^{-2} / ([\text{Au}^+] \times (3,6 \cdot 10^{-2})^2) \rightarrow [\text{Au}^+] = 3,1 \cdot 10^{-38} \text{ M}$.

OPGAVE 15

- 37 Als gevolg van verdunning neemt de concentratie af. Door tegenwerking moet het aantal deeltjes toenemen, dus verschuiving naar rechts.
 38 $\text{HCrO}_4^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{CrO}_4^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$

$$K_z = \frac{[\text{CrO}_4^{2-}] \times [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCrO}_4^-]}$$

 39 $K_z = \frac{[\text{HCrO}_4^-]}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$
 40 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,86 \cdot 10^{-5} \text{ M} = [\text{CrO}_4^{2-}]$
 Invullen in K_z levert: $[\text{HCrO}_4^-] = 3,47 \cdot 10^{-3} \text{ M}$.
 $[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}] = 0,082 - \frac{1}{2} \times 3,47 \cdot 10^{-3} = 0,080 \text{ M}$.
 Invullen in K levert: $K = (3,47 \cdot 10^{-3})^2 / 0,080 = 1,5 \cdot 10^{-4}$.
 41 $1,0 \cdot 10^{-7} = 1,0 \cdot 10^{-3} \times [\text{CrO}_4^{2-}] / [\text{HCrO}_4^-] \rightarrow$ dus $10^4 \times$ zoveel HCrO_4^- als CrO_4^{2-} .

OPGAVE 16

- 42 $\text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) \rightarrow \text{BaSO}_4(\text{s})$
 $\text{Sr}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) \rightarrow \text{SrSO}_4(\text{s})$
- 43 Er geldt: $K_s(\text{SrSO}_4) = [\text{Sr}^{2+}] \times [\text{SO}_4^{2-}] = 3,4 \cdot 10^{-7}$.
 SrSO_4 slaat neer als $[\text{SO}_4^{2-}] = 3,4 \cdot 10^{-7} / 0,010 = 3,4 \cdot 10^{-5} \text{ M}$.
 Er geldt: $K_s(\text{BaSO}_4) = [\text{Ba}^{2+}] \times [\text{SO}_4^{2-}] = 1,1 \cdot 10^{-10}$.
 Bij berekende $[\text{SO}_4^{2-}]$ geldt: $[\text{Ba}^{2+}] = 1,1 \cdot 10^{-10} / 3,4 \cdot 10^{-5} = \underline{3,2 \cdot 10^{-6} \text{ M}}$.
- 44 $[\text{Ag}^+] = [\text{Cl}^-] = \sqrt{1,8 \cdot 10^{-10}} = \underline{1,3 \cdot 10^{-5} \text{ M}}$.
- 45
$$K = \frac{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+] \times [\text{Cl}^-]}{[\text{NH}_3]^2} = \frac{[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+]}{[\text{Ag}^+] \times [\text{NH}_3]^2} \times \frac{[\text{Ag}^+] \times [\text{Cl}^-]}{1} = K_c \times K_s =$$

$$= 1,7 \cdot 10^7 \times 1,8 \cdot 10^{-10} = 3,1 \cdot 10^{-3}.$$
- 46 Stel $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+] = [\text{Cl}^-] = x$, dan geldt bij evenwicht: $[\text{NH}_3] = 1,0 - 2x \text{ M}$.
 Invullen in K levert: $3,1 \cdot 10^{-3} = x^2 / (1,0 - 2x)^2 \rightarrow 5,5 \cdot 10^{-2} = x / (1,0 - 2x)$
 $\rightarrow x = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ M} > 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ bij onderdeel 44.

OPGAVE 17

- 47 De dichtheid van $4,8 \text{ g dm}^{-3}$ is een gemiddelde dichtheid. De afzonderlijke dichtheden van HF en $(\text{HF})_6$ zijn niet bekend, maar kunnen berekend worden uit de molmassa en het molair volume volgens: $\rho = M / V_m$.
 Bij 293 K bereken je V_m met: $V_m = 293 / 273 \times 22,4 = 24,0 \text{ dm mol}^{-1}$.
 HF: $\rho = 20,01 / 24,0 = 0,834 \text{ g dm}^{-3}$.
 $(\text{HF})_6$: $\rho = 120,06 / 24,0 = 5,00 \text{ g dm}^{-3}$.
 De dichtheid van het gasmengsel ligt het dichtst bij de dichtheid van $(\text{HF})_6$, dus daarvan zal het meeste aanwezig zijn.
- 48 Bij lagere druk verschuift het evenwicht naar de kant met de meeste deeltjes, dus naar HF. Er zal dus meer HF ontstaan, dat een kleinere dichtheid heeft dan $(\text{HF})_6$. De gemiddelde dichtheid zal daarom kleiner zijn dan $2,4 \text{ g dm}^{-3}$.
- 49
$$K = \frac{[\text{HF}]^6}{[(\text{HF})_6]} \quad V_m = 353 / 273 \times 22,4 = 29,0 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}.$$

 Ga uit van $1,0 \text{ L}$ gasmengsel. Dit bevat $1,00 / 29,0 = 0,0345 \text{ mol}$ gas.
 Hiervan bestaat 21% uit $(\text{HF})_6$, dus $[(\text{HF})_6] = \frac{21}{100} \times 0,0345 = 7,25 \cdot 10^{-3} \text{ M}$.
 En 79% is HF, dus $[\text{HF}] = \frac{79}{100} \times 0,0345 = 2,73 \cdot 10^{-2} \text{ M}$.
 Invullen in evenwichtsvoorwaarde: $K = (2,73 \cdot 10^{-2})^6 / 7,25 \cdot 10^{-3} = \underline{5,73 \cdot 10^{-8}}$.