



Module 1

Zuren en basen
Energie
Reactiesnelheid
Evenwichten

OPGAVEN

Ammoniak

Een oplossing van ammoniak (NH_3) in water heeft bij kamertemperatuur een pH groter dan 7.

- 2p 1. Maak aan de hand van een reactievergelijking duidelijk waarom een oplossing van ammoniak in water een pH groter dan 7 heeft.

Men lost 0,120 mol ammoniak op in water en vult aan tot 1,00 liter. Deze oplossing heeft bij kamertemperatuur een pH = 11,0.

- 3p 2. Bereken hoeveel procent van de ammoniakmoleculen nog als $\text{NH}_3(\text{aq})$ aanwezig is.

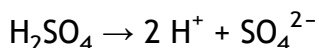
Aan 25,0 mL van de ammoniakoplossing druppelt men onder voortdurend roeren uit een buret 0,20 M zoutzuur toe.

- 3p 3. Geef de vergelijking van de reactie die hierbij plaatsvindt.

- 3p 4. Bereken hoeveel mL zoutzuur nodig is om de ammoniakoplossing te neutraliseren.

Zwavelzuur

Zwavelzuur wordt meestal als een sterk zuur opgevat, waarbij de protolyse (het vormen van ionen H^+) in water als volgt wordt weergegeven:



De protolyse verloopt echter in twee stappen: de eerste stap is aflopend, bij de tweede stap stelt zich een evenwicht in.

- 2p 5. Geef de reactievergelijkingen van de beide protolysestappen van H_2SO_4 in water.

In een bekersglas bevindt zich een 0,10 molair NaHSO_4 oplossing met pH = 1,54.

- 2p 6. Geef de oplosvergelijking van NaHSO_4 in water.

- 2p 7. Bereken hoeveel procent van het aantal opgeloste ionen HSO_4^- een proton heeft afgestaan.

Voegt men aan de NaHSO_4 oplossing een BaCl_2 oplossing toe, dan wordt de pH van de vloeistof in het bekersglas kleiner. Tevens is de vorming van een neerslag zichtbaar. Er is een slecht oplosbaar zout ontstaan.

- 2p 8. Geef, met behulp van tabel 45A, de formule van het slecht oplosbare zout.

- 2p 9. *BEHOORT NIET MEER TOT EXAMENSTOF!*

Leg uit dat de pH kleiner wordt door het toevoegen van de BaCl_2 oplossing. (De volumeverandering mag worden verwaarloosd.)

Zwavedioxide

Sommige brandstoffen bevatten zwavelhoudende verbindingen. Zo kan in aardolie bijvoorbeeld ethaanthiol, $\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}(\text{l})$, voorkomen. Bij de verbranding hiervan kan de lucht verontreinigd worden met zwavedioxide.

- 3p 10. Geef de vergelijking van de volledige verbranding van ethaanthiol.

Het gevormde zwavedioxide wordt in de lucht omgezet in zwavelzuur. Hierdoor is regenwater zuur. In Nederland heeft regenwater gemiddeld een $\text{pH} = 3,50$.

- 3p 11. Bereken hoeveel mg zwavelzuur in 1,0 liter regenwater van $\text{pH} = 3,50$ opgelost is. Neem hierbij aan dat elk molecuul H_2SO_4 twee H^+ ionen afsplitst en dat in regenwater geen andere zuren zijn opgelost.

Zuur regenwater heeft schadelijke effecten. Zo tast het oude gebouwen aan die gebouwd zijn van kalksteen. Kalksteen bestaat hoofdzakelijk uit calciumcarbonaat.

- 3p 12. Geef de vergelijking van de reactie die optreedt als zuur regenwater in contact komt met kalksteen.

- 2p 13. Leg uit waarom de reactie van zuur regenwater met kalksteen sneller zal verlopen naarmate het regenwater zuurder is.

Soms komt bij proeven op school zwavedioxide vrij. Als men wil voorkomen dat dit in de lucht terecht komt, kan men het vrijkomende gas leiden door een oplossing die met zwavedioxide reageert.

- 3p 14. Welke oplossing zou men hiervoor kunnen gebruiken? Licht het antwoord toe met een reactievergelijking.

Complexe ionen

Als koperoxide reageert met verdund zoutzuur ontstaat een blauwe oplossing. De blauwe kleur wordt veroorzaakt door ionen $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$.

- 2p 15. Geef de vergelijking van deze reactie.

Als koperoxide reageert met geconcentreerd zoutzuur in plaats van verdund zoutzuur, is de ontstane oplossing niet blauw maar groen.

Men verklaart deze groene kleur door aan te nemen dat ook ionen $\text{CuCl}_4^{2-}(\text{aq})$ ontstaan, die geel zijn. Het ion CuCl_4^{2-} noemt men een complex ion.

Voor nadere gegevens over complexe ionen wordt verwezen naar tabel 47.

- 2p 16. *BEHOORT NIET MEER TOT EXAMENSTOF!* Verklaar met behulp van het gegeven evenwicht in tabel 47 waarom bij gebruik van geconcentreerd zoutzuur geen blauwe maar een groene oplossing ontstaat.

De vorming van ionen $\text{CuCl}_4^{2-}(\text{aq})$ uit $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ en $\text{Cl}^{-}(\text{aq})$ is endotherm.

- 2p 17. Beschrijf hoe men dit kan aantonen en vermeld wat men daarbij waarneemt.

Reactiesnelheid

Drie leerlingen, Loes, Ruud en Frans, voeren de volgende proef uit.

Ze overgieten ieder 5,0 gram calciumcarbonaat met een overmaat 1,0 molair zoutzuur, vangen het ontstane gas op en meten de snelheid van de gasontwikkeling.

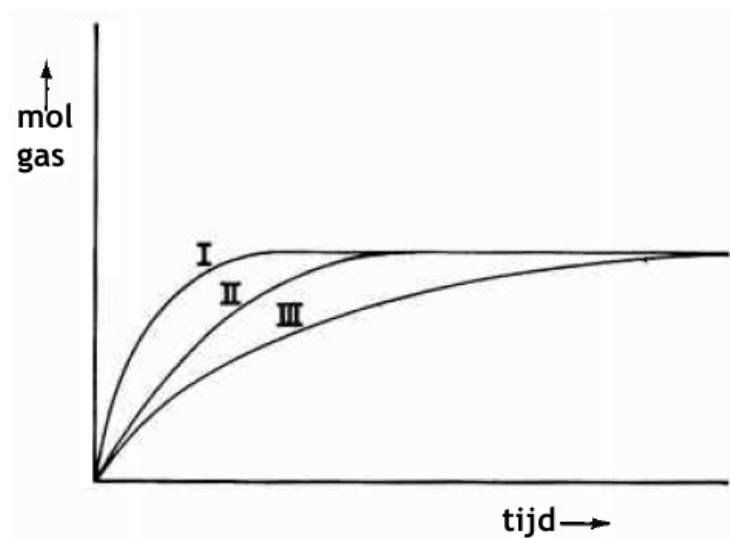
- 3p 18. Geef de vergelijking van de reactie tussen calciumcarbonaat en zoutzuur.

Loes gebruikt brokjes calciumcarbonaat waarbij ze de temperatuur op 20 °C houdt.
Ruud gebruikt gepoederd calciumcarbonaat waarbij hij de temperatuur op 20 °C houdt.

Frans gebruikt gepoederd calciumcarbonaat waarbij hij de temperatuur op 30 °C houdt.

- 2p 19. Leg uit dat de leerlingen na afloop van de proef alle drie evenveel mol gas hebben opgevangen.

De meetresultaten van elk van de leerlingen worden in één diagram uitgezet. Men verkrijgt dan drie lijnen (zie onderstaand diagram).



- 2p 20. Leg uit welke lijn verkregen is uit de meetresultaten van achtereenvolgens Loes, Ruud en Frans.

Onbekend zuur

Een leerlinge krijgt de opdracht een onbekende, zuivere vloeistof te onderzoeken. Zij destilleert de vloeistof en meet daarbij regelmatig de temperatuur. Uit de temperatuurmetingen tijdens het destilleren concludeert zij dat de onbekende stof inderdaad een zuivere stof is.

- 2p 21. Op grond waarvan kan de leerlinge uit de temperatuurmetingen deze conclusie trekken?

De leerlinge lost een beetje van de stof op in water. Met behulp van verschillende indicatoren onderzoekt zij de pH van de oplossing. Met thymolblauw krijgt de oplossing een gele kleur, met methylooranje een rode kleur.

- 1p 22. Tussen welke grenzen ligt de pH van de oplossing?

Vervolgens lost de leerlinge verschillende hoeveelheden van de stof op. Van elke oplossing meet zij nauwkeurig de pH met behulp van een pH-meter. De resultaten van haar metingen staan in de tabel hiernaast.

opgeloste hoeveelheid stof in gram L ⁻¹	gemeten pH
10,0	2,00
1,00	2,55
0,100	3,18

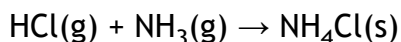
- 2p 23. Leg uit dat uit de waarden in de tabel blijkt dat de onbekende stof *geen* sterk zuur is.

De leerlinge neemt vervolgens 25,0 mL van de oplossing waarin 10,0 gram zuur per liter is opgelost. Deze oplossing neutraliseert zij met 26,60 mL 0,100 molair natronloog.

- 3p 24. Bereken de molecuulmassa van het zuur. Neem hierbij aan dat een molecuul van het zuur één ion H⁺ kan afsplitsen.

Salmiak

Een bijzondere reactie tussen een zuur en een base waarbij geen water betrokken is, is de reactie tussen de gassen waterstofchloride en ammoniak. Hierbij ontstaat de vaste stof salmiak:



- 1p 25. Geef de systematische naam van NH_4Cl .
3p 26. Bereken de reactiewarmte per mol NH_4Cl met behulp van tabel 57.

De gassen HCl(g) en $\text{NH}_3\text{(g)}$ worden nu afzonderlijk opgelost in 250 mL water. Voor de oplossing van HCl in water wil men een pH bereiken van 1,50.

- 3p 27. Bereken hoeveel cm^3 HCl(g) men in 250 mL water moet oplossen om een pH van 1,50 te krijgen. Neem aan dat alle HCl(g) oplost, dat het volume 250 mL blijft en dat het volume van 1,00 mol gas gelijk is aan 24,0 L.

Van $\text{NH}_3\text{(g)}$ neemt men exact hetzelfde volume als van HCl(g) en lost dit op in 250 mL water. Er ontstaat een basische oplossing. Een leerling beweert dat je de pH van de basische oplossing nu eenvoudig kunt berekenen: $14,00 - 1,50 = 12,50$. De docent zegt dat de leerling *geen* gelijk heeft.

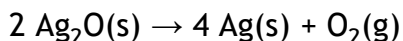
- 2p 28. Leg uit waarom de leerling geen gelijk heeft en leg tevens uit of de pH van de basische oplossing dan groter of kleiner is dan 12,50.

Men voegt nu beide oplossingen samen terwijl de temperatuur van de oplossing gemeten wordt.

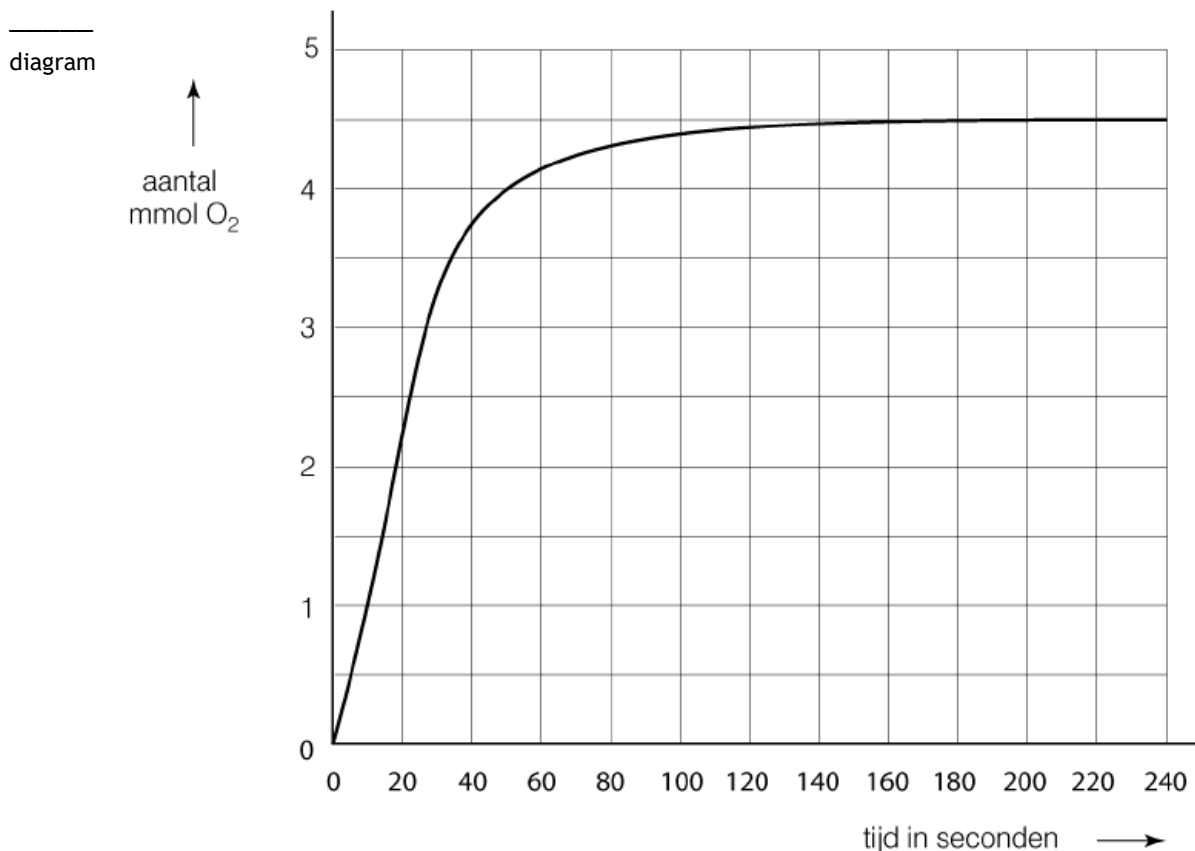
- 2p 29. Leg uit of je een temperatuurverandering kunt verwachten. Zo ja, is het dan een temperatuurdaling of een temperatuurstijging.

Zilveroxide

Zilveroxide ontleedt langzaam onder invloed van licht. De ontledingsreactie die optreedt is:



Annemiek krijgt de opdracht om de ontleding van zilveroxide te onderzoeken. Zij doet een hoeveelheid Ag_2O in een erlenmeyer die verbonden is met een gasmeet-spuit. Vervolgens zet ze de opstelling onder een UV-lamp om de ontleding te versnellen. Met behulp van een computerprogramma wordt op het beeldscherm weergegeven hoeveel mmol zuurstof tijdens de ontleding is gevormd. Na afloop van de ontleding heeft Annemiek op het beeldscherm een diagram dat het verband aangeeft tussen de tijd (horizontaal) en de hoeveelheid zuurstof die ontstaan is (verticaal).



- 1p 30. Geef aan hoe uit dit diagram blijkt dat de reactiesnelheid tussen $t = 20$ s en $t = 40$ s groter is dan tussen $t = 40$ s en $t = 60$ s.

In het diagram is af te lezen dat na een bepaald tijdstip de hoeveelheid zuurstof niet meer toeneemt. Op dit tijdstip is alle zilveroxide ontleed.

- 3p 31. Bereken het aantal gram zilveroxide dat in de erlenmeyer aanwezig was. Geef je antwoord in twee significante cijfers.

Blikje voedsel

Calciumoxide kan worden gebruikt door bergbeklimmers om voedsel in blik op te warmen. Bij de reactie tussen calciumoxide en water komt namelijk warmte vrij: 65 kJ per mol calciumoxide. Deze warmte kan gebruikt worden voor het verwarmen van voedsel.

Bij de reactie tussen calciumoxide en water ontstaat calciumhydroxide.

- 2p 32. Geef de vergelijking van de reactie tussen calciumoxide en water.
- 2p 33. Leg uit of deze reactie op te vatten is als een zuur-basereactie. Zo ja, wijs dan zuur en base aan.
- 2p 34. Leg uit of de reactie van calciumoxide met water een endotherme of een exotherme reactie is.

Men voert het proces uit in een groot blik waarin een kleiner blik is bevestigd met het voedsel. In de tussenruimte bevindt zich calciumoxide en water, van elkaar gescheiden door een laagje plastic. Wanneer men het voedsel wil verwarmen dan prikt men het plastic kapot, zodat de reactie kan plaatsvinden.

De temperatuur van het geheel blijkt dan te stijgen van 20 °C tot 70 °C.

Gegeven is dat voor iedere graad temperatuurstijging 3,9 kJ nodig is. Ga er van uit dat er voldoende water is om al het calciumoxide te laten reageren.

- 3p 35. Bereken, met behulp van gegevens uit de opgave, hoeveel gram calciumoxide minstens in het blik aanwezig is.

Tandpasta

Lees het onderstaande artikel en beantwoord de vragen.

artikel

Experimentele tandpasta zonder fluoride

- 1 Een experimentele tandpasta zonder fluoride zorgde voor minder gaatjes in de
- 2 gebitten van zo'n 350 Venezolaanse kinderen. De Amerikaanse onderzoeker
- 3 Kleinberg van de Stone Brook Universiteit in New York onderwierp de kinderen
- 4 aan het onderzoek dat hij deze week presenteert bij de International Association of
- 5 Dental Research in Zweden.
- 6 De tandpasta bevat onder andere arginine en calciumcarbonaat. Gaatjes zouden
- 7 door poetsen met de tandpasta worden voorkomen doordat het product de pH-
- 8 waarde in de mond verhoogt. Kleinberg heeft de werkzaamheid van de tandpasta
- 9 getest in een onderzoek onder ruim 700 Venezolaanse kinderen. De helft heeft
- 10 driemaal daags met gewone fluoride-tandpasta gepoetst, de andere helft met de
- 11 experimentele tandpasta. De fluoride-poetsers bleken na een jaar meer gaatjes te
- 12 hebben dan de gebruikers van het experimentele product.
- 13 Bij het eten van voedsel zetten bacteriën in de mond suikers om tot tandplaque
- 14 waarbij zuur wordt gevormd. Als dit proces lang genoeg doorgaat, ontstaan gaatjes
- 15 in het tandglazuur.

In regel 6 en 7 staat dat onder andere calciumcarbonaat er voor zorgt dat de pH-waarde in de mond wordt verhoogd.

- 2p 36. Leg uit dat calciumcarbonaat er voor kan zorgen dat de pH-waarde in de mond verhoogd wordt.

In regel 6 staat dat arginine één van de bestanddelen is van de tandpasta.

- 2p 37. Leg aan de hand van de structuurformule van arginine uit of arginine er ook toe kan bijdragen dat de pH in de mond wordt verhoogd. Gebruik tabel 67 H.

Uit verder onderzoek bleek de $[H^+]$ in het speeksel door het poetsen met de nieuwe tandpasta te zijn gehalveerd.

- 2p 38. Leg met behulp van een berekening uit hoeveel eenheden de pH is gestegen als de $[H^+]$ in het speeksel is gehalveerd. Geef je antwoord in twee significante cijfers.

In regel 13 en 14 staat dat suikers worden omgezet in zuur. Glucose ($C_6H_{12}O_6$) wordt hierbij omgezet in melkzuur (2-hydroxypropaanzuur).

- 2p 39. Geef de structuurformule van melkzuur.

- 2p 40. Geef de omzetting van glucose in melkzuur weer in een reactievergelijking. Gebruik hierbij molecuulformules.

In de mond is het enzym amylase actief. Dit enzym zorgt voor de omzetting van zetmeel in glucose. Amylase werkt bij een pH tussen 5,6 en 6,9. Kleine hoeveelheden melkzuur, die uit glucose ontstaan, kunnen al zorgen voor een $[H^+]$ van $6,0 \cdot 10^{-6}$ M.

- 2p 41. Leg uit of het enzym amylase dan nog actief is.

Moderne merken tandpasta bevatten onder andere waterstoffosfaationen (HPO_4^{2-}) die de pH in de mondholte verhogen. De waterstoffosfaationen komen in de tandpasta door toevoeging van het zout ammoniumwaterstoffosfaat.

- 1p 42. Geef de formule van dit zout.

Bij het poetsen van de tanden met deze tandpasta komen ionen HPO_4^{2-} in de mondholte. Deze ionen reageren daar met water waardoor de pH in de mond hoger wordt.

- 2p 43. Geef de vergelijking van deze reactie.



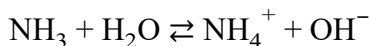
Module 1

Zuren en basen
Energie
Reactiesnelheid
Evenwichten

UITWERKINGEN

Ammoniak

- 01** Een oplossing met $\text{pH} > 7$ is basisch. Hierin komen ionen OH^- voor. Deze worden gevormd door reactie van NH_3 met water:



Omdat NH_3 een zwakke base is (zie tabel 49), staat er een evenwichtspijl.

- 02** Je begint met 0,120 mol NH_3 (in 1,0 L). Uit de gegeven pH kun je uitrekenen hoeveel mol OH^- er ontstaat. Je weet dan ook hoeveel mol NH_3 er over blijft en dit kun je omzetten in een percentage.

Er geldt: $\text{pH} + \text{pOH} = 14,00$ en $[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}}$ (zie tabel 38A).

Dus $\text{pOH} = 14,00 - \text{pH} = 14,00 - 11,0 = 3,0$

en $[\text{OH}^-] = 10^{-3,0} = 1,0 \cdot 10^{-3}$ mol per liter.

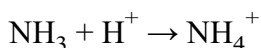
Van de 0,120 mol NH_3 wordt er $1,0 \cdot 10^{-3}$ mol (= 0,0010 mol) omgezet.

Er blijft over: $0,120 - 0,0010 = 0,119$ mol NH_3 .

Dat is $\frac{0,119}{0,120} \times 100\% = 99,2\%$.

- 03** Zoutzuur is een oplossing van HCl in water (zie tabel 66A). Het is een sterk zuur (zie tabel 49), dus wordt het als H^+ genoteerd in de reactievergelijking.

Ammoniak is een zwakke base (zie tabel 49) en noteer je ongesplitst (dat blijkt ook uit het antwoord van onderdeel 2, want 99,2% van de ammoniakmoleculen zijn ongesplitst):



- 04** Je moet hiervoor eerst het aantal mol (of mmol) van NH_3 weten. Dit volgt uit het volume (25,0 mL) en de molariteit ($0,120 \text{ M} \triangleq 0,120 \text{ mol L}^{-1} \triangleq 0,120 \text{ mmol mL}^{-1}$).

Er geldt: $\text{volume} \times \text{molariteit} = \text{aantal (m)mol}$

Dus $25,0 \text{ mL} \times 0,120 \text{ mmol mL}^{-1} = 3,00 \text{ mmol NH}_3$.

Dan kun je, via de molverhouding, het aantal mmol H^+ (= aantal mmol HCl) berekenen.

De molverhouding volgt uit de reactievergelijking bij onderdeel 3 en die is 1 : 1.

Er is dus 3,00 mmol HCl nodig.

Ook nu geldt weer: $\text{volume} \times \text{molariteit} = \text{aantal (m)mol}$.

Het volume is onbekend, dus $\text{volume} = \frac{\text{aantal mmol}}{\text{molariteit}} = \frac{3,00 \text{ mmol}}{0,20 \text{ mmol mL}^{-1}} = 15 \text{ mL}$.

Zwavelzuur

- 05** $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}^+ + \text{HSO}_4^-$
 $\text{HSO}_4^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$
- 06** $\text{NaHSO}_4 \rightarrow \text{Na}^+ + \text{HSO}_4^-$
 Je moet hier geen H^+ ionen laten ontstaan. Het gaat hier alleen om het oplossen van het zout en niet om de protolyse van HSO_4^- .
- 07** $[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$ (zie tabel 38A), dus $[\text{H}^+] = 10^{-1,54} = 0,029 \text{ M}$.
 Dit betekent dat 0,029 mol van de oorspronkelijke 0,10 mol HSO_4^- een H^+ heeft afgestaan (per liter).
 Procentueel is dat: $\frac{0,029}{0,10} \times 100\% = 29\%$
- 08** In de oplossing van NaHSO_4 vindt het volgende evenwicht plaats (zie onderdeel 5):
 $\text{HSO}_4^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$
 Als de ontstane SO_4^{2-} ionen in contact komen van Ba^{2+} uit de oplossing van BaCl_2 , zal er een neerslag van BaSO_4 ontstaan (zie tabel 45A).
 Formule slecht oplosbaar zout: BaSO_4
- 09** *BEHOORT NIET MEER TOT EXAMENSTOF!* In de oplossing van NaHSO_4 vindt het volgende evenwicht plaats (zie onderdeel 5): $\text{HSO}_4^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$
 Door de reactie met Ba^{2+} worden de SO_4^{2-} ionen aan dit evenwicht onttrokken. Er is dan sprake van een *aflopend evenwicht*. Er zal steeds meer HSO_4^- worden omgezet, waarbij ook steeds meer H^+ ontstaat. Deze toename van H^+ zorgt voor een daling van de pH.

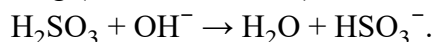
Zwavedioxide

- 10** $2 \text{C}_2\text{H}_5\text{SH} + 9 \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{SO}_2$
- 11** $[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$ (zie tabel 38A), dus $[\text{H}^+] = 10^{-3,50} = 3,2 \cdot 10^{-4} \text{ M}$.
 Gegeven: $\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{H}^+ = 1 : 2$. Er is dus $\frac{3,2 \cdot 10^{-4}}{2} = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ mol H}_2\text{SO}_4$ opgelost in 1,0 liter regenwater $\triangleq 0,16 \text{ mmol}$.
 Molmassa H_2SO_4 : $98,079 \text{ g mol}^{-1} \triangleq 98,079 \text{ mg mmol}^{-1}$.
 Aantal mg H_2SO_4 : $0,16 \text{ mmol} \times 98,079 \text{ mg mmol}^{-1} = 16 \text{ mg}$.
- 12** Zuur regenwater bevat ionen H^+ (ook van andere zuren dan zwavelzuur).
 Calciumcarbonaat is CaCO_3 en is een slecht oplosbaar zout. Het carbonaation is de base en kan 2 H^+ opnemen. Hierbij ontstaat H_2CO_3 dat uiteenvalt in H_2O en CO_2 :
 $2 \text{H}^+ + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
- 13** In zuurder regenwater is de concentratie H^+ groter. Er zijn dan meer effectieve botsingen mogelijk, waardoor de reactie sneller verloopt.

- 14 Er zijn twee mogelijkheden waarbij SO_2 *snel* kan worden omgezet.

1. Met een zuur-basereactie.

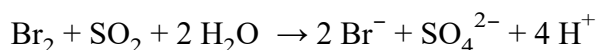
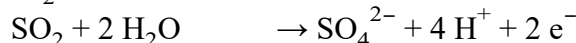
In tabel 49 staat de combinatie $\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$ aangegeven als het zwakke zuur H_2SO_3 . Met loog (bevat ionen OH^-) kan het worden omgezet volgens:



Ook goed is: $\text{SO}_2 + \text{OH}^- \rightarrow \text{HSO}_3^-$.

2. Met een redoxreactie (zie tabel 48).

SO_2 kan als reductor reageren met broom (in de vorm van broomwater):



Complexe ionen

- 15 $\text{CuO} + 2 \text{H}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$

- 16 **BEHOORT NIET MEER TOT EXAMENSTOF!** In tabel 47 staat het volgende evenwicht:



De ligging van het evenwicht bepaalt of er vooral ionen Cu^{2+} (blauw) of vooral ionen CuCl_4^{2-} (geel) aanwezig zijn.

In geconcentreerd zoutzuur is de concentratie Cl^- hoog. Dit zorgt er voor dat het evenwicht wat meer naar links verschuift. Er ontstaan (meer) ionen CuCl_4^{2-} . De gele kleur van de ionen CuCl_4^{2-} en de blauwe kleur van de ionen Cu^{2+} zorgen samen voor een groene kleur.

N.B. In feite hebben de ionen geen kleur. Door elektronenovergangen in combinatie met de watermoleculen om de ionen wordt een bepaalde kleur waargenomen.

- 17 Endotherm betekent dat er warmte nodig is. Deze warmte zal aan de omgeving worden onttrokken. De omgeving (hier: de oplossing) wordt kouder. Dit is te meten met een thermometer. Die zal een temperatuurdaling laten zien.

Reactiesnelheid

- 18 Zoutzuur bevat ionen H^+ . Calciumcarbonaat is CaCO_3 en is een slecht oplosbaar zout. Het carbonaation is de base en kan 2 H^+ opnemen. Hierbij ontstaat H_2CO_3 dat uiteenvalt in H_2O en CO_2 : $2 \text{H}^+ + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
- 19 Ze gebruiken een overmaat zoutzuur. De hoeveelheid gas die ontstaat wordt dan bepaald door de hoeveelheid calciumcarbonaat die ze gebruiken. En ze gebruiken allemaal 5,0 gram calciumcarbonaat.

- 20** Vergelijk Loes en Ruud: Allebei dezelfde temperatuur, maar gepoederd calcium-carbonaat heeft een groter oppervlak dan brokjes calciumcarbonaat. Bij Ruud gaat de reactie sneller dan bij Loes.

Vergelijk Ruud en Frans: ze gebruiken allebei gepoederd calciumcarbonaat, maar bij Frans is de temperatuur hoger. Dit zorgt voor een snellere reactie.

De snelste reactie wordt weergegeven door de grafiek die het snelste stijgt. Dus I hoort bij Frans, II hoort bij Ruud en III hoort bij Loes.

Onbekend zuur

- 21** De leerlinge constateert dat bij het destilleren de temperatuur constant blijft. Dit wijst er op dat de stof een *kookpunt* heeft en dus een zuivere stof is. Onzuivere stoffen die gedestilleerd worden, vertonen een *kooktraject*.
- 22** In tabel 52 A kun je vinden dat thymolblauw geel is boven $\text{pH} = 2,8$ en beneden $\text{pH} = 8,0$ en dat methylooranje rood is beneden $\text{pH} = 3,2$. De oplossing voldoet alleen aan beide voorwaarden als $2,8 \leq \text{pH} \leq 3,2$.
- 23** Een kenmerk van een sterk zuur is dat de pH stijgt met één eenheid als de oplossing $10\times$ wordt verdund. Als de pH met minder dan één eenheid stijgt, is het zuur zwak. Dat laatste zie je ook in de tabel. De oplossing is steeds $10\times$ verdund, maar de pH stijgt met iets meer dan een halve eenheid.
- 24** Als het zuur één ion H^+ kan afstaan, zal het met natronloog (= oplossing van NaOH in water; zie tabel 66A) reageren in de molverhouding 1 : 1.
Aantal mmol NaOH : $26,60 \times 0,100 = 2,66$ mmol, dus was er ook 2,66 mmol van het zuur aanwezig $\triangleq 2,66 \cdot 10^{-3}$ mol.
De zure oplossing bevat 10,0 gram zuur per liter; hiervan wordt 25,0 mL (= 0,025 L) gebruikt.
Aantal g gebruikt zuur: $0,025 \text{ L} \times 10,0 \text{ g L}^{-1} = 0,250 \text{ g}$.
Dit komt overeen met $2,66 \cdot 10^{-3}$ mol.
Molaire massa = $\frac{\text{aantal gram}}{\text{aantal mol}} = \frac{0,250 \text{ g}}{2,66 \cdot 10^{-3} \text{ mol}} = 94,0 \text{ gram per mol}$.

Salmiak

- 25** Ammoniumchloride.
- 26** In tabel 57 staan vormingswarmten in J per mol. Dit zijn waarden die gelden voor de reactie van de genoemde verbinding *uit de elementen*.
Voor de reactie $\text{HCl(g)} + \text{NH}_3\text{(g)} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl(s)}$ geldt:
 $\Delta E = E_{\text{product}} - E_{\text{beginstoffen}} = -3,14 - (-0,923 - 0,459) = -1,76$
 $\Delta E = -1,76 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$.
Deze manier van noteren is toegestaan op het examen. Dat wil zeggen dat je eerst de factor 10^5 weglaat, zolang je die maar wel bij je eindantwoord noteert.
- 27** Er geldt: $[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-1,50} = 0,0316 \text{ mol per liter}$.
Aantal mol opgelost HCl per 250 mL (= 0,250 L): $0,250 \times 0,0316 = 7,91 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$.
Aantal mL HCl: $7,91 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \times 24,0 \text{ L mol}^{-1} \times 1000 = 190 \text{ mL} = 190 \text{ cm}^3$.
- 28** HCl is een sterk zuur. Het splitst volledig in ionen. De leerling zou gelijk hebben als NH_3 een sterke base is. Maar NH_3 is een zwakke base: $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$.
Omdat NH_3 een zwakke base, zal de oplossing minder basisch zijn dan wanneer NH_3 een sterke base zou zijn. Minder basisch betekent een minder hoge pH.
De pH van de oplossing zal dus lager zijn dan 12,50.
- 29** Zie onderdeel 26: een negatieve waarde voor $\Delta E_{\text{reactie}}$ betekent een exotherm proces. Er wordt vanuit de stof beredeneerd: Bij een exotherm proces raakt de stof energie kwijt die aan de omgeving wordt afgestaan. De omgeving wordt hierdoor warmer. Ook in oplossing zal de reactie tussen H^+ en NH_3 exotherm zijn. Er wordt een temperatuurstijging waargenomen.

Zilveroxide

- 30** Tussen $t = 20 \text{ s}$ en $t = 40 \text{ s}$ loopt de grafiek steiler dan tussen $t = 40 \text{ s}$ en $t = 60 \text{ s}$.
Er wordt in de 20 seconden tussen $t = 20 \text{ s}$ en $t = 40 \text{ s}$ meer zuurstof gevormd dan in de 20 seconden tussen $t = 40 \text{ s}$ en $t = 60 \text{ s}$. Meer zuurstof per seconde betekent een snellere reactie.
- 31** Aflezen uit de grafiek: er ontstaat maximaal 4,5 mmol O_2 . $\text{Ag}_2\text{O} : \text{O}_2 = 2 : 1$
Er was dus $2 \times 4,5 = 9,0 \text{ mmol Ag}_2\text{O}$ aanwezig $\hat{=} 9,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$.
Molaire massa $\text{Ag}_2\text{O} = 231,74 \text{ gram mol}^{-1}$.
Aantal gram Ag_2O : $9,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \times 231,74 \text{ gram mol}^{-1} = 2,1 \text{ gram}$.

Blikje voedsel

- 32** $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$
- 33** Uit O^{2-} (in CaO) is OH^- ontstaan. O^{2-} heeft dus een H^+ opgenomen.
Uit H_2O is ook OH^- ontstaan. H_2O heeft dus een H^+ afgestaan.
Het is een zuur-basereactie waarbij H_2O het zuur is en O^{2-} (in de vorm van CaO) de base.
- 34** Er staat gegeven dat de reactie gebruikt wordt om voedsel op te warmen. Dat betekent dat de reactie warmte moet afgeven. Het is dus een exotherme reactie.
- 35** De temperatuurstijging bedraagt $70 - 20 = 50^\circ\text{C}$.
Hiervoor is nodig: $50 \times 3,9 \text{ kJ} = 195 \text{ kJ}$.
Dit wordt geleverd door $\frac{195 \text{ kJ}}{65 \text{ kJ mol}^{-1}} = 3,0 \text{ mol CaO}$.
Molaire massa $\text{CaO} = 56,077 \text{ gram mol}^{-1}$.
Aantal gram CaO : $3,0 \times 56,077 = 1,7 \cdot 10^2 \text{ gram}$.

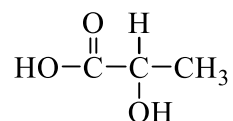
Tandpasta

- 36** Calciumcarbonaat = CaCO_3 en bevat de base CO_3^{2-} . Deze base neutraliseert de aanwezige ionen H^+ zodat de pH verhoogd wordt.
Reactievergelijking: $\text{CaCO}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{HCO}_3^-$.
LET OP: deze reactievergelijking is anders dan die bij onderdeel 12 en 18. Het gaat hier om een geringe $[\text{H}^+]$ afkomstig van zwakke zuren.
- 37** Arginine is een aminozuur. Het bevat de zuurgroep (COOH), maar ook de amino-groep (NH_2). De aminogroep is basisch (vergelijk met NH_3). In de structuurformule van arginine is één zuurgroep aanwezig, maar daarnaast twee NH_2 -groepen en twee NH -groepen. De basische groepen zijn duidelijk in de meerderheid, dus kan arginine bijdragen tot een verhoging van de pH.
- 38** Je kunt een willekeurige waarde voor $[\text{H}^+]$ nemen, bijvoorbeeld 0,10 M. De pH is dan:
 $-\log(0,10) = 1,00$.
Als je $[\text{H}^+]$ halveert, krijg je 0,050 M. De pH is dan $-\log(0,050) = 1,30$.
De pH is dus met $1,30 - 1,00 = 0,30$ eenheden gestegen.

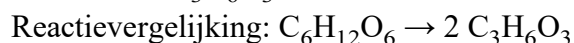
N.B. Dat je een willekeurige waarde voor $[\text{H}^+]$ kunt nemen blijkt als je het wiskundig oplost.
Stel je $[\text{H}^+] = x$, dan geldt voor de toename van de pH:

$$\Delta\text{pH} = -\log(\frac{1}{2}x) - -\log(x) = \log(x) - \log(\frac{1}{2}x) = \log\left(\frac{x}{\frac{1}{2}x}\right) = \log 2 = 0,30.$$

- 39 In tabel 66 D staat dat hydroxy een OH-groep is. Deze wordt als voorvoegsel genoemd, omdat de zuurgroep belangrijker is (staat hoger in tabel 66 D).



- 40 Melkzuur = $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$.



- 41 Dit kan op twee manieren:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log(6,0 \cdot 10^{-6}) = 5,22.$$

Dit is lager dan 5,6. Amylase is dan niet meer actief.

OF

$$\text{Bij pH} = 5,6 \text{ geldt: } [\text{H}^+] = 10^{-5,6} = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ M.}$$

$6,0 \cdot 10^{-6} \text{ M} > 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ M}$, dus bij deze hogere $[\text{H}^+]$ is amylase niet meer actief

- 42 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$

- 43 Het deeltje HPO_4^{2-} kan zowel zuur als base zijn. In de opgave staat dat door HPO_4^{2-} de pH in de mond hoger wordt. HPO_4^{2-} moet dus met water als base reageren, waarbij OH^- ontstaat: $\text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{OH}^-$.