

Opgave 1 Broodverbeteraar

Kaliumbromaat KBrO_3 wordt in kleine hoeveelheden aan deeg toegevoegd bij het bakken van brood. Deeg is in het algemeen een mengsel van meel, water, gist en zout. Het kaliumbromaat is een oxidator die $-\text{SH}$ groepen van eiwitten in het meel oxideert tot $-\text{S}-\text{S}-$ bruggen, waardoor het brood elastischer wordt en minder gauw scheurt en kruimelt als het gesneden wordt. Het bromaat verandert hierbij in bromide.

$\text{R}_1-\text{S}-\text{H}$ en $\text{R}_2-\text{S}-\text{H}$ zijn eiwitmoleculen. De halfreactie ervan kan men als volgt weergeven.



- 1 Leid de volledige vergelijking van de redoxreactie af.

De bereiding van kaliumbromaat gebeurt als volgt. Men leidt chloor in broomwater. Door een redoxreactie ontstaat nu een zure oplossing die behalve $\text{H}^+(\text{aq})$ uitsluitend chloride en bromaat bevat. Door toevoeging van $\text{KOH}(\text{s})$ wordt de oplossing geneutraliseerd. Door droogdampen ontstaat een mengsel van kaliumchloride- en kaliumbromaatkristallen. Dit mengsel hoeft niet te worden gescheiden, het wordt zo gebruikt.

- 2 Leid de vergelijking van de redoxreactie af.

- 3 Bereken hoeveel massa-% kaliumbromaat het verkregen watervrije mengsel bevat.

Opgave 2 Wasactief

Het actieve bestanddeel van vaatwasmiddelen is natriummetasilicaat, weergegeven door $\text{Na}_2\text{H}_2\text{SiO}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$. Gewoonlijk bevat het poeder 50 massa-% van het metasilicaat.

- 4 Bereken de pH van het waswater bij gebruik van 20 g waspoeder per 10 liter water.

Gegeven $\text{p}K_{\text{a}}(\text{H}_4\text{SiO}_4) = 9,2$ $\text{p}K_{\text{a}}(\text{H}_3\text{SiO}_4^-) = 12,1$ $\text{p}K_{\text{w}} = 14,0$

- 5 Geef de vergelijking van de reactie (organische stoffen in structuurformule) tussen het vet op de vaat en het waswater. Neem als formule voor het vet de drievoudige steeraateter van glycerol (stearaat = octadecanoaat).

Onder bepaalde omstandigheden reageert metasilicaat in waterige oplossingen volgens de vergelijking



- 6 Bereken de evenwichtsconstante voor deze reactie als gegeven is dat voor de reactie



- 7 Gewoon glas kun je vereenvoudigd weergeven met $\text{SiO}_2(\text{s})$. Zal glas in het waswater worden aangetast? Licht je antwoord toe.

Opgave 3 Stereo-isomerie

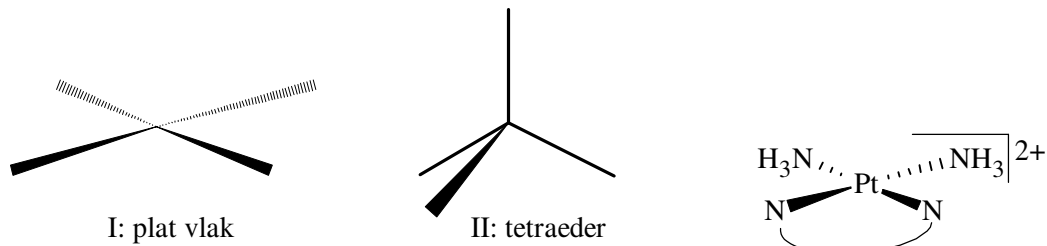
Twee verschillende stoffen met dezelfde molecuulformule maar met verschillende structuurformule noemt men isomeren. Als binnen een molecuul de vrije draaibaarheid van een groep atomen t.o.v. de rest van het molecuul ontbreekt, kan er sprake zijn van *cis-trans*-isomerie. Dit komt o.a. voor bij een dubbele binding. Optische isomerie komt voor wanneer een molecuul geen inwendig spiegelvlak bezit en het molecuul niet tot dekking is te brengen met zijn spiegelbeeld. (Een inwendig spiegelvlak is een vlak dat een molecuul in twee helften verdeelt die elkaars spiegelbeeld zijn.)

- 8 Geef de structuurformule van de stof die een isomeer is van ethanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$).

- 9 Geef de structuurformule van een stof, waarvan de moleculen een dubbele binding bezitten, maar die *geén cis-trans*-isomerie vertoont.

- 10 Geef de structuurformule van een stof, waarvan de moleculen *geen* dubbele binding bezitten, maar die toch *cis-trans*-isomerie vertoont, als gevolg van het feit dat de vrije draaibaarheid binnen het molecuul ontbreekt.

Ook bij sommige complexen komt een vorm van isomerie voor die men *cis-trans*-isomerie noemt. In het algemeen bestaan complexen uit een centraal deeltje (atoom of ion), omgeven door een aantal atomen, moleculen of ionen. Deze omringende deeltjes noemt men liganden. De ruimtelijke structuur van een complex met vier liganden kan op twee manieren worden voorgesteld.



Een voorbeeld van een complex met vier liganden is $\text{PtCl}_2(\text{NH}_3)_2$. Dit complex vertoont *cis-trans*-isomerie.

- 11 Leg uit dat voor $\text{PtCl}_2(\text{NH}_3)_2$ structuur I de juiste is en dat structuur II hier niet voldoet. Licht eventueel je antwoord toe met een tekening.

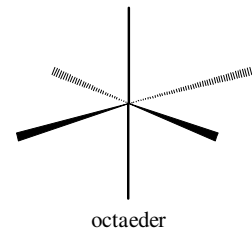
cis- $\text{PtCl}_2(\text{NH}_3)_2$ reageert met 1,2-ethaandiamine, $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$, in het vervolg van deze opgave steeds aangeduid met ED. Hierbij worden de chloorliganden gesubstitueerd en er ontstaat $\text{Pt}(\text{ED})(\text{NH}_3)_2^{2+}$ en Cl^- .

Ruimtelijk kunnen we $\text{Pt}(\text{ED})(\text{NH}_3)_2^{2+}$ zoals rechtsboven.

- 12 Leg uit waarom *trans*- $\text{PtCl}_2(\text{NH}_3)_2$ niet zal reageren met ED.

De ruimtelijke structuur van complexen met zes liganden kunnen we op de volgende manier tekenen:

- 13 Teken de ruimtelijke structuur van de *cis*- en de *trans*-isomeren van het kobaltcomplex $\text{Co}(\text{ED})_2\text{Cl}_2^+$.
- 14 Leg uit dat bij één van beide isomeren ook optische isomerie optreedt. Geef ook de ruimtelijke structuur van deze optische isomeren.



Opgave 4 Biochemisch zuurstofverbruik

Onder het biochemisch zuurstofverbruik B.Z.V. verstaan we het zuurstofverbruik in mg L^{-1} van micro-organismen in oppervlaktewater om het daarin aanwezige organische afvalmateriaal (geheel of gedeeltelijk) te kunnen oxideren (verbranden). B.Z.V.-5 is dan het zuurstofverbruik gedurende 5 etmalen.

Een zeer veel voorkomende zuurstofbepaling verloopt volgens de methode van Winkler-Alsterberg. De bepaling gaat als volgt.

Een flesje met een inhoud van v mL wordt *tot de rand* gevuld met het te onderzoeken water.

Aansluitend worden met een injectienaald achtereenvolgens 0,50 mL van een verzadigde oplossing van mangaan(II)sulfaat en 0,50 mL 10 M natronloog toegevoegd. Hierdoor loopt er 1,00 mL water uit het flesje. Het flesje wordt afgesloten en flink geschud. Het in eerste instantie gevormde mangaan(II)hydroxide wordt vervolgens door het in het water opgeloste zuurstof omgezet in mangaan(IV)oxide.

- 15 Geef de reactievergelijking (met halfreacties) van de omzetting van mangaan(II)hydroxide in mangaan(IV)oxide.

In het laboratorium zuurt men de inhoud van het flesje aan door met een injectienaald 1,50 mL 16 M fosforzuuroplossing toe te voegen en vervolgens 0,50 mL verzadigde kaliumjodide-oplossing. Hierbij loopt 2,00 mL van de bovenstaande vloeistof weg (er mag geen neerslag verloren gaan). Flesje afsluiten en flink schudden. Hierbij gaat het neerslag in oplossing en kleurt de oplossing bruin door gevormd jood.

- 16 Geef de reactievergelijking (met halfreacties) van bovenbeschreven omzetting.

Het jood wordt vervolgens getitreerd met a mL van een t M natriumthiosulfaatoplossing (en stijfsel als indicator).

- 17 Laat zien dat het zuurstofgehalte van het oppervlaktewater in mg L^{-1} gegeven wordt door de formule:

$$\text{gehalte} = \frac{a \cdot t \cdot 8,00 \cdot 10^3}{v - 1,00}$$

Men trekt twee watermonsters van 100 mL (flesje I en II). Flesje I onderwerpt men ogenblikkelijk aan bovenstaande handelingen. Voor titratie gebruikt men 9,52 mL 0,010 M natriumthiosulfaatoplossing. Flesje II ondergaat deze handelingen pas 5×24 uur na de monsternamen. Men titreert nu met 3,92 mL 0,010 M natriumthiosulfaatoplossing.

- 18 Bereken B.Z.V.-5 in mg L^{-1} .

Bij deze bepaling kunnen een aantal stoffen storend werken omdat ze met jood kunnen reageren of jood kunnen vrijmaken. Eén van deze stoffen is natriumnitriet. In zuur milieu reageert nitriet met jodide, waarbij jood ontstaat.

- 19 Geef de vergelijking van deze reactie.

■ Opgave 5 Touwtrekken tussen moleculen

- 20 Geef de elektronenformules van H_2O_2 en N_2H_4 .

- 21 Leg uit welke intermoleculaire krachten een rol spelen in het rooster van $\text{H}_2\text{O}_2(\text{s})$.

In tabel 1 staan de smeltpunten van enkele stoffen aangegeven.

stof	H_2O_2	H_2S_2	N_2H_4	P_2H_4
$T_s / ^\circ\text{C}$	-0,41	-89,6	1,4	-90,0

- 22 Leg uit waarom het smeltpunt van H_2O_2 en van N_2H_4 hoger is dan die van respectievelijk H_2S_2 en N_2H_4 .

In tabel 2 staat een aantal fysische gegevens van water en waterstofperoxide.

fysische constanten	H_2O	H_2O_2
molecuulmassa M / u	18,02	34,01
dichtheid $\rho(\text{l}) / \text{g cm}^{-3}$ 20 °C	0,998	1,450
dichtheid $\rho(\text{s}) / \text{g cm}^{-3}$ T_s	0,917	1,710
smeltpunt $T_s / ^\circ\text{C}$	0,00	-0,41
kookpunt $T_k / ^\circ\text{C}$	100,0	150,2
smeltwarmte $\Delta_{\text{s} \rightarrow \text{l}} H / \text{kJ mol}^{-1}$	6,01	12,5
verdampingswarmte $\Delta_{\text{l} \rightarrow \text{g}} H / \text{kJ mol}^{-1}$	40,6	45,8

In de vloeistoffase spelen bij H_2O en H_2O_2 dezelfde intermoleculaire krachten een rol (□21).

Desondanks vertonen kookpunt en verdampingswarmte van deze stoffen toch grote verschillen.

- 23 Verklaar dat het kookpunt en de verdampingswarmte van H_2O_2 hoger, respectievelijk groter is dan die van H_2O .

Om het verschil in smeltwarmte te verklaren is naast andere factoren óók van belang hoe de moleculen in hun roosters zijn gerangschikt. Dat laatste wordt weer bepaald door symmetrie en ruimtelijke bouw van de moleculen. Dit komt o.a. tot uiting in de dichtheid van de vaste stof. In ijs neemt een drie-atomig H_2O -molecuul vrijwel evenveel ruimte in als een vier-atomig H_2O_2 -molecuul in vast waterstofperoxide.

- 24 Toon bovenstaande aan met behulp van gegevens uit tabel 2.

■ Opgave 6 Zeef droogt lucht

In een luchtdroger kan men lucht drogen: de lucht wordt watervrij gemaakt door adsorptie van de waterdamp in een bed met een moleculaire zeef (= een synthetisch zeoliet dat bepaalde gassen selectief adsorbeert). Om de lucht uiteindelijk niet te droog te maken (de zeef houdt namelijk alle watermoleculen vast) wordt een gedeelte van de lucht langs het bed gevoerd (= bypass).

De lucht bevat voor droging 0,030 mol H_2O per mol droge lucht. De eis die aan de lucht wordt gesteld is dit gehalte te verminderen tot 0,010 mol H_2O per mol droge lucht.

- 25 Maak een stroomschema van deze luchtdroger.
- 26 Bereken de hoeveelheid water die verwijderd moet worden (in kmol h^{-1}), als de totale hoeveelheid te behandelen lucht 500 kmol h^{-1} is (berekend op droge lucht).
- 27 Bereken de fractie van de lucht die door de bypass moet gaan.

De maximale beladingsgraad voor de moleculaire zeef is 20 massa-%.

- 28 Hoeveel uur duurt het totdat 900 kg moleculaire zeef verzadigd is aan water?

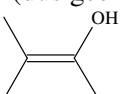
■ Opgave 7 Een hoopje isomeren

Een organische verbinding heeft de volgende samenstelling in massa-%:

koolstof: 66,6 waterstof: 11,2 zuurstof: 22,2

1,000 g van deze verbinding heeft in dampvorm een volume van 444 cm^3 bij 101 kPa en $112 \text{ }^\circ\text{C}$.

- 29 Bepaal de molecuulformule van deze verbinding.
- 30 Teken 10 structuurisomeren (dus geen stereo-isomeren) met deze molecuulformule. (Géén

verbindingen met de groep , want die zijn niet stabiel).

■ Opgave 8 Zuur meer

Een meer in west-Zweden krijgt jaarlijks ongeveer $1,0 \cdot 10^7 \text{ m}^3$ regenwater. De pH van het regenwater is 3,00 vanwege daarin opgelost ammoniumwaterstofsulfaat NH_4HSO_4 .

- 31 Bereken hoeveel ton ammoniumwaterstofsulfaat jaarlijks via het regenwater in het meer terecht komt. $\text{p}K_2(\text{NH}_4^+) = 9,24$; $\text{p}K_2(\text{HSO}_4^-) = 1,92$

Het meer werd in 1985 met kalk behandeld. Een jaar later leverde een wateranalyse het volgende resultaat:

deeltje	concentratie (mg dm^{-3})	deeltje	concentratie (mg dm^{-3})
Ca^{2+}	40	HCO_3^-	25
SO_4^{2-}	77	H_2CO_3	14
		3	

- 32 Bereken de pH van het water in het meer op het tijdstip van de analyse.

Het volume van het meer is $8,0 \cdot 10^7 \text{ m}^3$. Neem aan dat dit volume constant blijft ten gevolge van verdamping. Verwaarloos afname van de concentratie opgeloste stoffen als gevolg van uitstroom en afgifte van koolstofdioxide aan de lucht. Een harde wind zorgt voor een goede menging van regenwater met het water in het meer.

- 33 Hoe lang duurt het voordat de verzuring van het meer zijn kritieke waarde $-\text{pH} = 4,50-$ bereikt heeft?

■ Opgave 9 Neerslachtig

Een oplossing bevat chloride en bromide. Men laat deze oplossing reageren met een overmaat zilvernitraatoplossing. De massa van het verkregen neerslag bedraagt na drogen 1,52 g.

Vervolgens verhit men dit neerslag in een stroom van chloorgas tot constante massa. Het massaverlies bedraagt dan 0,087 g.

- 34 Bereken de massaverhouding van bromide en chloride in de oorspronkelijke oplossing.

Opgave 10 Base lust zuur(tje)

Men titreert 25,0 mL ammonia met 0,100 M zoutzuur. Met behulp van een pH-meter vindt men het bijgaand diagram.

- 35 Geef de reactievergelijking van de omzetting die bij deze titratie plaatsvindt.
- 36 Leid uit het diagram af hoeveel mol ammoniak per liter ammonia was opgelost.
- 37 Leg aan de hand van de ligging van het equivalentiepunt uit dat ammoniak een zwakke base is?
- 38 Kies een geschikt punt in het diagram en leid daaruit de waarde van de baseconstante K_b van ammoniak af.

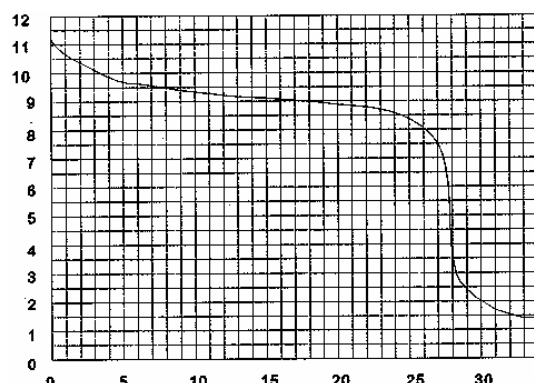
Men stopt de titratie na toevoeging van 32,0 mL zoutzuur.

De verkregen oplossing wordt voorzichtig gekookt totdat er een vaste stof overblijft.

- 39 Geef de naam van deze vaste stof.

Met de ammoniakoplossing en het zoutzuur die bij de titratie zijn gebruikt kan een bufferoplossing met $\text{pH} = 9,0$ worden gemaakt.

- 40 Stel met behulp van het diagram een recept op voor het maken van 400 mL van zo'n bufferoplossing.
- 41 Controleer dit recept aan de hand van een berekening. Gebruik daarbij de waarde van K_b in 38. Neem, als je die niet gevonden hebt, de K_b waarde uit Binas.



Figuur 1 pH vs. mL 0,100 M zoutzuur

Opgave 11 Tandpasta

Fluorhoudende tandpasta bevat natriumfluorofosfaat Na_2FPO_3 en natriumfluoride NaF . In de tandpasta moet het totale fluorgehalte 0,100 massa-% zijn. De helft daarvan als Na_2FPO_3 , de andere helft als NaF .

- 42 Bereken het massa-% van elk van de verbindingen Na_2FPO_3 en NaF in tandpasta.
- 43 Geef de elektronenformule van het fluorofosfaat ion en teken de ruimtelijke structuur van dit ion.

Opgave 12 Bepalen met warmte

Een oplossing van salpeterzuur reageert met natronloog.

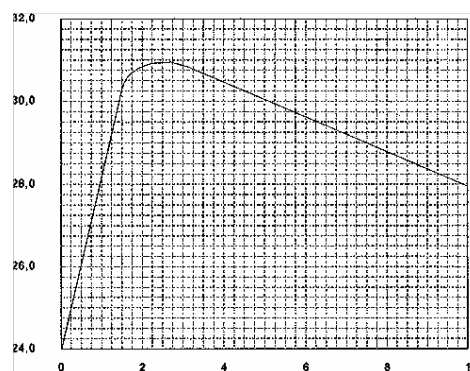
- 44 Geef de vergelijking van deze reactie.

Bij deze reactie komt warmte vrij. Men wil bepalen hoeveel warmte vrijkomt bij de reactie van een mol salpeterzuur met natronloog. Daartoe mengt men 25,0 mL 1,00 M salpeterzuuroplossing met 25,0 mL 1,00 M natronloog. Van het verkregen mengsel meet men telkens de temperatuur. De gevonden waarden zijn in het diagram hiernaast uitgezet tegen de tijd.

- 45 Geef een verklaring voor het gevonden temperatuurverloop (toe- en afname van de temperatuur).
- 46 Bereken hoeveel warmte (in kJ) vrijkomt per mol salpeterzuur.

Neem aan dat de soortelijke warmte van het verkregen mengsel gelijk is aan die van water (Binas, tabel 11).

- 47 Geef voor elk van onderstaande fouten aan of daardoor de experimenteel bepaalde hoeveelheid warmte hoger of lager uitvalt dan de hoeveelheid warmte die werkelijk per mol salpeterzuur vrijkomt, of dat die fout daarop niet van invloed is. Geef telkens een verklaring voor je antwoord.



Figuur 2 T ($^{\circ}\text{C}$) vs. t (min)

- 1) Een van de oplossingen is minder geconcentreerd dan op het etiket was aangegeven.
- 2) Bij de bepaling zijn i.p.v. 25,0 mL pipetten 20,0 mL pipetten gebruikt, terwijl men in de berekening van 25,0 mL pipetten is uitgegaan.
- 3) Verlies van een onbepaalde hoeveelheid warmte aan de omgeving.

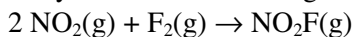
Opgave 13 Snelheidsmeting

De snelheid s van een reactie geeft aan hoeveel mol van een stof per liter per seconde bij die reactie wordt omgezet of gevormd. s is afhankelijk van de concentraties van de betrokken deeltjes.

Zo geldt voor reactie: $n A + m B \xrightarrow{s} \dots$ de snelheidsvergelijking $s = k[A]^p[B]^q$ waarin k een

constante (de reactieconstante) is. De som van de exponenten in de snelheidsvergelijking ($p + q$) noemt men de orde van de reactie.

Nitrylfluoride NO_2F kan gemaakt worden door reactie van NO_2 met F_2



De volgende snelheidsgegevens heeft men verkregen bij 25 °C.

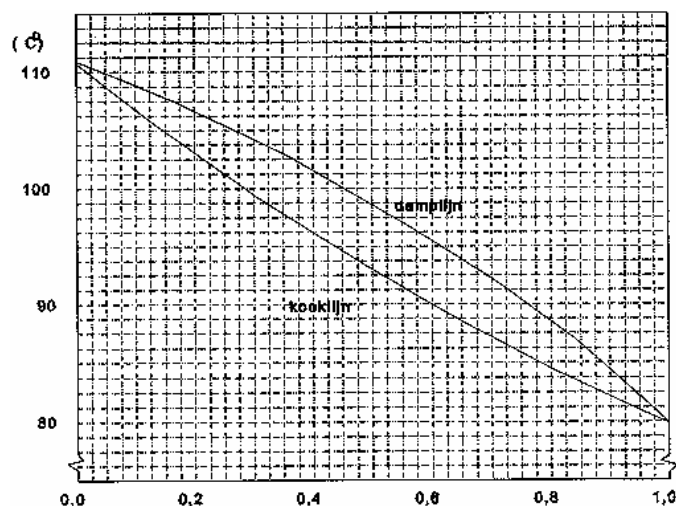
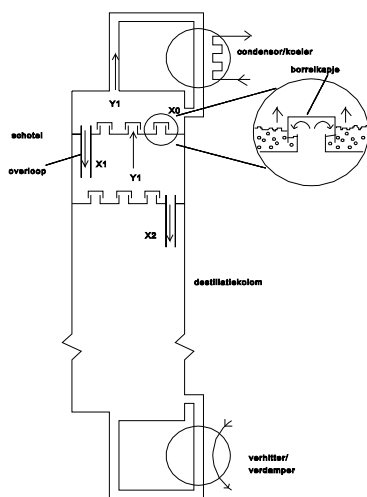
$[\text{NO}_2]$ mol L ⁻¹	$[\text{F}_2]$ mol L ⁻¹	s mol L ⁻¹ s ⁻¹
0,0010	0,0010	$4,0 \cdot 10^{-5}$
0,0010	0,0030	$1,2 \cdot 10^{-4}$
0,0050	0,0030	$6,0 \cdot 10^{-4}$
0,0050	0,0050	$1,0 \cdot 10^{-3}$

- 48 Leid uit deze tabel af dat de orde van deze reactie 2 is.
- 49 Bereken de reactieconstante en vermeld de eenheden.

De activeringsenergie E_a is het enthalpieverschil tussen het geactiveerd complex (= de meest instabiele toestand tijdens een reactie) en de begintoestand. In Binas, tabel 36a staat het verband gegeven tussen de reactieconstante en de activeringsenergie.

- 50 Bereken de activeringsenergie van deze reactie als gegeven is dat de reactieconstante tweemaal zo groot wordt als de temperatuur toeneemt van 25 °C tot 50 °C.

Opgave 14 Destillaat en schotel



Hier is de 'kooklus' weergegeven van een mengsel van benzeen en toluen. Langs de horizontale as staat de molfractie benzeen

$$(\text{molfractie benzeen} = \frac{\text{aantal mol benzeen}}{\text{totaal aantal mol in het mengsel}})$$

Langs de verticale as de temperatuur. De onderste lijn, de kooklijn geeft de kookpunten van de vloeistof bij verschillende samenstelling. Voor zuiver benzeen (rechts) is het kookpunt 80 °C, voor

zuiver toluen (links) 111 °C. Een mengsel van gelijke hoeveelheden (in mol) van benzeen en toluen begint te koken bij 92,5 °C. De damp die bij deze temperatuur ontstaat bevat relatief meer benzeen (de vluchtigste stof). De molfractie benzeen in die damp kun je aflezen bij dezelfde temperatuur op de damplijn (dat is de bovenste lijn). Die fractie is 0,70. Naarmate er meer damp ontstaat verandert de samenstelling van de vloeistof, deze wordt relatief rijker aan toluen. Hierdoor stijgt de temperatuur waarbij de vloeistof kookt. Dit geeft dus een kooktraject in plaats van een kookpunt. Andersom, als de damp met 70 mol-% benzeen begint te condenseren (bij 92,5 °C) ontstaan druppeltjes vloeistof van 50 mol-% benzeen. We zeggen dat een mengsel van 70 mol-% benzeen een dauwpunt heeft van 92,5 °C. Naarmate er meer vloeistof ontstaat wordt de damp relatief rijker aan benzeen. Hierdoor daalt de temperatuur waarbij de damp condenseert; dit geeft een dauwtraject. In een destillatiekolom voor continue destillatie neemt de temperatuur van beneden naar boven af en de molfractie benzeen toe. Deze toestand is stationair, dat wil zeggen dat op elke plaats in de destillatiekolom de samenstelling van de vloeistof en van de damp, de temperatuur en druk niet veranderen in de tijd. Vloeistof stroomt omlaag en gas omhoog.

In de kolom hierboven heeft de damp van de bovenste schotel (y_1) een benzeenfractie van 0,95. Deze damp wordt volledig gecondenseerd in een koeler. Het condensaat vloeit terug op de bovenste schotel.

- 51 Geef de molfractie benzeen (x_0) in het condensaat.
- 52 En in de vloeistof die van de eerste schotel afkomt (x_1).
- 53 Na hoeveel schotels is de molfractie benzeen in de aflopende vloeistof $< 0,03$?

Opgave 15 Kolibrie

Krantenartikel

Uit een onlangs gepubliceerde studie blijkt, dat trekkende kolibries gebruik maken van twee verschillende energievoorraden: vet en koolhydraat. Tijdens het trekken vliegt de kolibrie op zijn vetvoorraadjes. Deze hoeven niet te worden aangesproken tijdens het eten zoeken, want dan maakt de vogel gebruik van zijn steeds op peil gehouden glycogeenvoorraad. Deze glycogeenvoorraad kan worden omgezet in 13 mg glucose, genoeg voor vijf minuten vliegen.

De onderzoekers slaagden erin om op elk moment vast te stellen welke energievoorraad de kolibrie gebruikte, door meting van het zogeheten respiratoir quotiënt (RQ, het volume uitgeademde CO_2 gedeeld door het volume ingeademde O_2). Voor de verbranding van vet ligt het RQ duidelijk lager (0,70) dan voor koolhydraten (1,00). Meting van het RQ liet zien dat bij rustende kolibries de stofwisseling voor 93 % op vet berust. Gaan ze vervolgens eten zoeken, dan loopt het quotiënt op tot 1,00, wat wijst op een overschakeling naar koolhydraat.

- 54 Bereken hoeveel energie (in J) een kolibrie gebruikt voor vijf minuten vliegen. De formule van glucose is $C_6H_{12}O_6$. Gebruik Binas tabel 56.
 - 55 Geef de reactievergelijking van de hydrolyse van glycogeen. Hierbij ontstaat alleen glucose. De formule van glycogeen is $(C_6H_{10}O_5)_n$.
- De onderzoekers moeten hebben aangenomen dat de verbranding van vet in een kolibrie volledig is.
- 56 Leg dit uit. Maak in je uitleg gebruik van de reactievergelijking van de volledige verbranding van vet. Neem aan dat met 'vet' in het krantenartikel glyceryltristearaat ($C_{57}H_{110}O_6$) wordt bedoeld.
 - 57 Bereken het RQ van een rustende kolibrie.

Opgave 16 Uitzwavelen

Bij een onderzoek naar de reactie tussen koper en zwavel liet men koper met zwavel reageren in telkens andere hoeveelheden. De hoeveelheid mengsel die werd gebruikt was steeds 5,00 gram. Na afloop van de reactie bepaalde men hoeveel gram kopersulfide (Cu_2S) was gevormd. De resultaten staan in onderstaande tabel:

g koper	4,75	4,50	4,25	4,00	3,75	3,50	3,25	3,00	2,75
g zwavel	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25

- 58 Maak op millimeterpapier een diagram, waarin de massa van het gevormde kopersulfide is uitgezet tegen de massa van de gebruikte hoeveelheid zwavel.

Het verkregen diagram kan worden gebruikt om af te lezen hoeveel zwavel nodig is voor het maken van een bepaalde hoeveelheid kopersulfide.

- 59 Hoeveel gram zwavel is nodig voor de vorming van 2,75 g kopersulfide? Geef in het diagram met hulplijnen aan hoe je dit hebt afgeleid.

Uit het diagram is af te leiden hoeveel gram zwavel aanwezig is in 5,00 gram van een mengsel, dat noch zwavel noch koper in overmaat bevat.

- 60 Hoeveel gram zwavel is dat? Geef in het diagram met een hulplijn aan hoe je dit hebt afgeleid.
- 61 Bereken met behulp van de in de vorige vraag afgeleide hoeveelheid zwavel de massaverhouding van zwavel en koper in kopersulfide.
- 62 Bereken de verhoudingsformule van Cu en S in kopersulfide, zoals die uit het experiment blijkt. Stel daarbij de index van S op 1.

Opgave 17 Flogiston

De gedachte dat materie is opgebouwd uit kleine deeltjes is heel oud; al bij de oude Grieken treft men ideeën daarover aan. In later tijden is deze gedachte verder ontwikkeld, o.a. door Newton (1642-1727). In dezelfde tijd publiceerde de Nederlandse natuurkundige Hartsoeker de theorie dat zuren zouden bestaan uit naaldevormige deeltjes met scherpe punten. Die veronderstelling moest de karakteristieke smaak van zuren verklaren. Uit het feit dat basen zuren konden neutraliseren leidde hij een vorm voor basische deeltjes af.

- 63 Beschrijf een vorm voor basische deeltjes die in overeenstemming is met Hartsoekers gedachten en geef weer hoe dergelijke deeltjes de door Hartsoeker beschreven zure deeltjes zouden kunnen neutraliseren.

Hartsoekers theorie was niet echt gebaseerd op experimenten. Een andere theorie over de bouw van de materie, de 'flogistontheorie', was dat wel. Deze theorie hield in, dat alle brandbare stoffen een substantie bevatten die ontweek als de stof werd verbrand. Deze substantie werd flogiston genoemd. Die gedachte kwam voort uit de overtuiging dat verbranding een proces was waarbij massa verloren ging: de massa van de as die overbleef was immers veel geringer dan die van de brandstof. Van ijzer was bekend dat verbranding een niet-metallisch product, een 'kalk' opleverde. Volgens de flogistontheorie moest ijzer dus bestaan uit deze kalk en flogiston. De winning van ijzer uit ijzererts met behulp van de flogistonrijke stof koolstof kon ook volgens de flogistontheorie beschreven worden.

- 64 Geef deze beschrijving.
- 65 Leg uit waarom men aannam, dat koolstof zeer flogistonrijk was.

In de achttiende eeuw werden twee feiten duidelijk, die aanvankelijk moeilijk met de flogistontheorie verklaard konden worden. Chemici uit die tijd wisten, dat lucht een rol speelde bij verbrandingen. Als immers een brandende kaars onder een stolp werd geplaatst, dan ging de kaars uit; werd een grotere stolp gebruikt, dan duurde het langer voordat de kaars uitging. Dit verschijnsel werd weer binnen de flogistontheorie gebracht door aan te nemen dat lucht bij verbrandingen fungeerde als absorptiemiddel voor flogiston.

- 66 Hoe kan men met deze uitbreiding van de flogistontheorie de resultaten van de hierboven vermelde proef met onder stolpen geplaatste brandende kaarsen verklaren?

Ten tweede was door meer kwantitatieve experimenten duidelijk geworden dat de massa van een kalk groter was dan de massa van het metaal, waaruit het was gevormd. Dat leidde bij Bryan Higgins tot een conclusie over flogiston, waarmee ook deze waarneming verklaard kon worden zonder dat de theorie verder gewijzigd of over boord gezet hoefde te worden.

- 67 Tot welke conclusie over flogiston zou Higgins gekomen kunnen zijn? Geef een verklaring voor je antwoord.

De gedachte dat een metaalzout opgevat kon worden als de combinatie van een kalk en een zuur leidde er tenslotte toe dat men door reacties van metalen met zuur zuiver flogiston meende te kunnen verkrijgen

- 68 Leg uit met welke ons bekende stof volgens deze gedachte flogiston overeenkomt. Geef aan waarom deze bevinding goed overeenkwam met de hierboven genoemde bevinding over de massa van de uit het metaal gevormde kalk.

■ Opgave 18 Drinkwater

Krantenartikel

NOORD-HOLLAND ZIET KOMENDE JAREN AF VAN ONTHARDEN DRINKWATER

Het drinkwater in Noord-Holland zal voorlopig niet worden onthard. De plannen daarvoor zijn door het Provinciaal Waterleidingsbedrijf van Noord-Holland (PWN) in de ijskast gezet.

Het PWN betreurt dit besluit zelf. Maar het zegt ertoe te zijn gedwongen omdat de minister van Verkeer en Waterstaat niet verder wil meewerken aan het Rijnzout-verdrag. Het drinkwater in het PWN-verzorgingsgebied heeft een hardheidsgraad die het bedrijf graag had willen terugbrengen tot de helft. Dit uit het oogpunt van volksgezondheid en milieubeheer. De economische voordelen voor landbouw, industrie en particuliere consumenten zijn volgens het PWN groot.

Door het ontharden van het water zou echter de grens van 120 milligram natrium per liter, vastgelegd in het drinkwaterbesluit, zeker worden overschreden.

De Volkskrant

Iemand wil nagaan hoe de vork precies in de steel zit en vraagt het PWN om nadere gegevens. Het PWN reageert als volgt op dit verzoek:

Bij onze waterfabriek Andijk in West-Friesland wordt oppervlaktewater uit het IJsselmeer rechtstreeks gezuiverd tot drinkwater. Het IJsselmeerwater is voor een groot deel via de IJssel afkomstig uit de Rijn.

Gegevens van het water dat bij Andijk wordt gebruikt

hardheid : 16 DH (1 DH = 7,1 mg calciumionen per liter)

HCO₃⁻-gehalte : 120 mg per liter

Na⁺-gehalte : 91 mg per liter

Bij uitvoering van het Rijnzout-verdrag zou de hoeveelheid natriumionen in het IJsselmeerwater afnemen met 25 mg per liter.

Ontzouting (verwijdering van natrium- en chloride-ionen) van het IJsselmeerwater door het PWN is duur en is daardoor niet economisch verantwoord.

Drinkwater moet onder andere voldoen aan de volgende wettelijke normen

HCO₃⁻-gehalte: minimaal 30 mg, gewenst 120 mg per liter

Na⁺-gehalte : maximaal 120 mg per liter

Ontharding 'in het groot' kan op verschillende manieren:

1. door toevoegen van natronloog

Calciumionen worden vervangen door natriumionen, de hoeveelheid waterstofcarbonaationen neemt af.

2. door toevoegen van 'kalkmelk', een mengsel van calciumhydroxide en water

De calciumionen verdwijnen uit het water, de hoeveelheid waterstofcarbonaationen neemt tweemaal zoveel af als bij de natronloogmethode.

3. door toevoegen van soda (natriumcarbonaat)

De hoeveelheid toegevoegde natriumionen is tweemaal zo groot als bij de natronloogmethode, de hoeveelheid waterstofcarbonaationen neemt niet af.

In alle gevallen ontstaat een neerslag van calciumcarbonaat, dat eenvoudig uit het water verwijderd kan worden.

- 69 Leg uit dat met geen van de drie genoemde methodes uit het huidige IJsselmeerwater drinkwater met $DH = 8$ te verkrijgen is dat voldoet aan de wettelijke normen voor het HCO_3^- - en het Na^+ -gehalte.

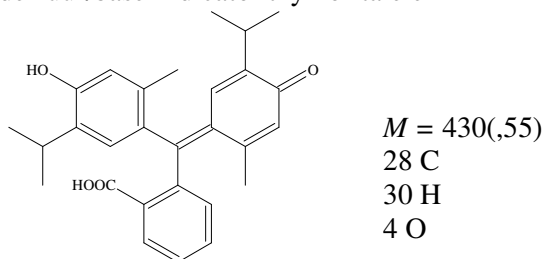
Ga er van uit dat bij het toevoegen van de chemicaliën geen verdunning van het water optreedt.

Als het Rijnzout-verdrag wel wordt uitgevoerd kan door twee onthardingsmethoden te combineren drinkwater worden verkregen dat voldoet aan de wettelijke normen. Deze combinatie kan worden beschreven door aan te geven welk percentage van het water met de ene methode onthard zou moeten worden, en welk percentage met de andere methode.

- 70 Welke combinatie van welke twee methoden leidt, wanneer het Rijnzout-verdrag wordt uitgevoerd, tot water met $DH = 8$, een zo hoog mogelijk HCO_3^- -gehalte en een Na^+ -gehalte van 120 mg per liter? Geef een verklaring voor je antwoord met behulp van een berekening.

Opgave 19 Wig van Bjerrum

Hieronder staan enige gegevens over de zuur/base-indicator thymolftaleïen



thymolftaleïen

omslagtraject: pH 9,3 (kleurloos) - 10,5 (blauw)

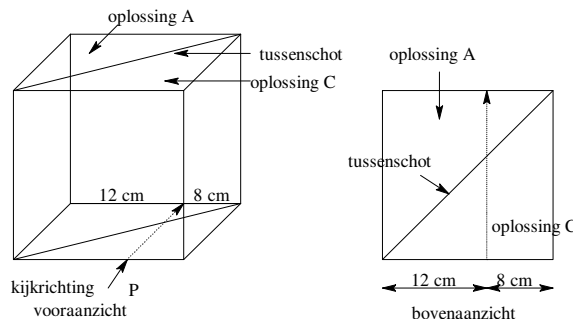
prijs: €29,75 per 5 gram

Thymolftaleïen is een zwak zuur. Een groep leerlingen krijgt de opdracht om de evenwichtsconstante van deze indicator te bepalen. De leraar heeft 2,0 liter van een $2,6 \cdot 10^{-4}$ M thymolftaleïenoplossing gemaakt.

- 71 Wat kost de hoeveelheid thymolftaleïen die daarvoor nodig is?

Elk groepje leerlingen krijgt een hoeveelheid van deze oplossing (oplossing A). Aan een gedeelte van oplossing A wordt zoveel natronloog toegevoegd dat de oplossing juist lichtblauw is. De zo verkregen oplossing wordt verder aangeduid als oplossing B. Aan een ander gedeelte van oplossing A wordt zoveel vast natriumhydroxide toegevoegd, dat van het zwakke zuur thymolftaleïen alleen de geconjugeerde base in de oplossing voorkomt. Het volume van de oplossing verandert door het toevoegen van het hydroxide niet. De zo verkregen oplossing is oplossing C.

Oplossing A en oplossing C worden in de 'Wig van Bjerrum' gegoten (zie onderstaande figuur). Dit apparaat is gemaakt van glas of perspex.



Het apparaat wordt gebruikt om door vergelijking van de kleuren van oplossingen concentraties van een opgeloste stof te schatten. De blauwe kleur van oplossing B blijkt overeen te komen met de blauwe kleur die men op punt P waarneemt, wanneer men in de aangegeven richting door de met A en C gevulde Wig van Bjerrum kijkt. De plaats van punt P wordt genoteerd (zie figuur).

Vervolgens wordt de pH van oplossing B bepaald. Deze blijkt 10,1 te bedragen.

- 72 Bereken uit bovenstaande gegevens de waarde van de evenwichtsconstante van thymolftaleïen.

Opgave 1 Broodverbeteraar

- 1 $R_1-S-H + R_2-S-H \rightleftharpoons R_1-S-S-R_2 + 2 H^+ + 2 e^-$ |3|
 $6 H^+ + BrO_3^- + 6 e^- \rightleftharpoons Br^- + 3 H_2O$ |1|
 $3 R_1-S-H + 3 R_2-S-H + BrO_3^- \rightarrow 3 R_1-S-S-R_2 + Br^- + 3 H_2O$
- 2 $Cl_2 + 2 e^- \rightleftharpoons 2 Cl^-$ |5|
 $(6 H_2O + Br_2 \rightleftharpoons 2 BrO_3^- + 12 H^+ + 10 e^-)$
 $Br_2 + 12 OH^- \rightleftharpoons 2 BrO_3^- + 6 H_2O + 10 e^-$ |1|
 $5 Cl_2 + Br_2 + 6 H_2O \rightarrow 10 Cl^- + 2 BrO_3^- + 12 H^+$
- 3 $\frac{2 \text{ mol KBrO}_3}{2 \text{ mol KBrO}_3 + 10 \text{ mol KCl}} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 167}{2 \cdot 167 + 10 \cdot 74,6} \cdot 100 = 30,9\%$

Opgave 2 Wasactief

- 4 10 g waspoeder / 10 L $\hat{=}$ 1 g waspoeder / L; $M(Na_2H_2SiO_4) = 212,1 \hat{=} 4,71 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

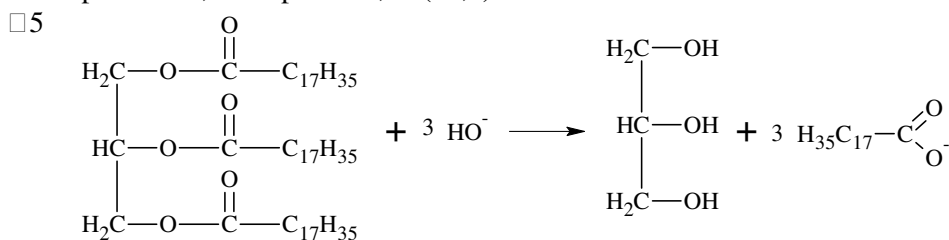
$pK_z(H_4SiO_4) = 9,2 \Rightarrow pK_b(H_3SiO_4^-) = 4,8$
 $pK_z(H_3SiO_4^-) = 12,1 \Rightarrow pK_b(H_2SiO_4^{2-}) = 1,9$
 $pK_b(H_2SiO_4^{2-}) \gg pK_b(H_3SiO_4^-) \Rightarrow 2^e \text{ protolyse verwaarlozen}$
 $H_2SiO_4^{2-} + H_2O \rightleftharpoons H_3SiO_4^- + OH^-$

$K_b = 10^{-1,9} = 1,26 \cdot 10^{-2} = \frac{x^2}{4,71 \cdot 10^{-3} - x}$; x niet verwaarlozen.

$x^2 = 5,93 \cdot 10^{-5} - 1,26 \cdot 10^{-2} x \Rightarrow x^2 + 1,26 \cdot 10^{-2} x - 5,93 \cdot 10^{-5} = 0$

$x = \frac{-1,26 \cdot 10^{-2} + \sqrt{1,59 \cdot 10^{-4} + 2,37 \cdot 10^{-4}}}{2} = 3,65 \cdot 10^{-3} = OH^-$

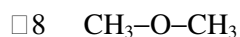
$pOH = -2,44 \Rightarrow pH = 11,56$ (11,6)



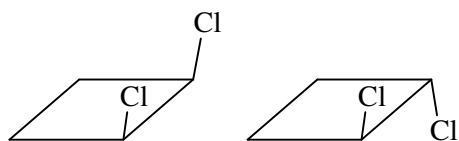
- 6 $H_4SiO_4 \rightleftharpoons SiO_2 + 2 H_2O$ $K = \frac{1}{2,0 \cdot 10^{-3}}$
 $H_3SiO_4^- + H_2O \rightleftharpoons H_4SiO_4 + OH^-$ $pK_z = 9,2 \Rightarrow pK_b = 4,8 \Rightarrow K_b = 1,58 \cdot 10^{-5}$
 $H_2SiO_4^{2-} + H_2O \rightleftharpoons H_3SiO_4^- + OH^-$ $pK_z = 12,1 \Rightarrow pK_b = 1,9 \Rightarrow K_b = 1,26 \cdot 10^{-2}$
 $H_2SiO_4^{2-} + 2 H_2O \rightleftharpoons SiO_2 + 2 OH^-$ $K = 9,95 \cdot 10^{-5} = 1,0 \cdot 10^{-4}$

- 7 Evenwicht ligt ver naar links; maar door hoge E_a zal SiO_2 tijdens de afwas niet naar links verschuiven.

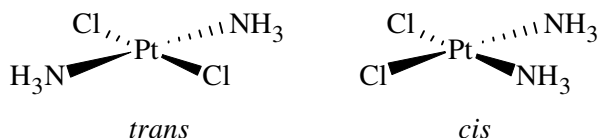
Opgave 3 Stereo-isomerie



□10

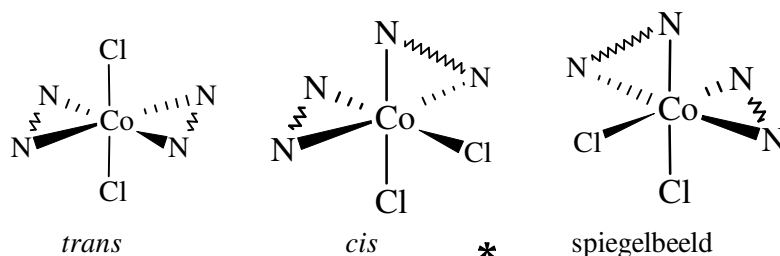


□11 Complex vertoont *cis-trans*-isomerie \Rightarrow plat vlak (in tetraëder liggen alle substituenten t.o.v. elkaar in gelijkwaardige positie).



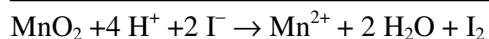
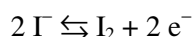
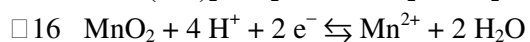
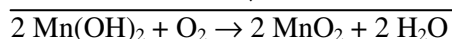
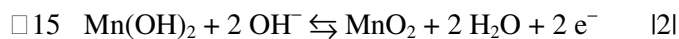
□12 De N-atomen van ED kunnen *niet* de Cl-atomen in *trans*-positie substituëren (te ver van elkaar).

□13



□14 In * géén inwendig spiegelvlak \Rightarrow optisch isomeer mogelijk.. Zie □13.

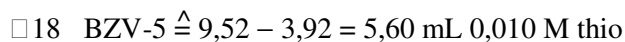
Opgave 4 Biochemisch zuurstofverbruik



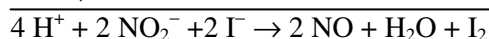
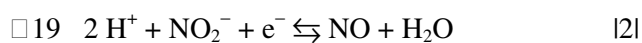
□17 Volume watermonster (in mL) = $v - 1,00$. Door toevoegen van de verzadigde mangaan(II)sulfaatoplossing en natronloog is 1,00 mL watermonster uit het flesje gelopen.

$$1 \text{ mol S}_2\text{O}_3^{2-} \hat{=} 1 \text{ mol e}^- \hat{=} \frac{1}{4} \text{ mol O}_2 \hat{=} 8,00 \text{ g O}_2; a \text{ t mmol S}_2\text{O}_3^{2-} \hat{=} a \text{ t} \cdot 8,00 \text{ g O}_2 \Rightarrow$$

$$\frac{a \text{ t} \cdot 8,00 \cdot 10^3 \text{ mg}}{v - 1,00 \text{ L}} \quad \text{Q.E.D.}$$



$$\text{gehalte} = \frac{5,60 \cdot 1,0 \cdot 10^{-2} \cdot 8,00 \cdot 10^3}{99,0} = 4,5 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$



Opgave 5 Touwtrekken tussen moleculen



□21 Moleculaire stof \Rightarrow van der Waalsbinding

$0,4 < \Delta e.n.(H-O) < 1,7 \Rightarrow$ polaire atoombinding (intra) \Rightarrow dipool-dipool- (inter)

H aan O \Rightarrow H-brug

□22 H-bruggen in H_2O_2 en N_2H_4

□23 In H_2O en H_2O_2 zelfde intermoleculaire krachten, maar bij H_2O_2 méér mogelijkheden tot H-brugvorming dan bij H_2O . Bovendien heeft H_2O_2 bijna $2 \times$ zo grote massa. Daardoor is er meer energie nodig om intermoleculaire krachten te breken (= grotere verdampingswarmte) en gebeurt dit pas bij hogere temperatuur.

□24 $1 \text{ mol } H_2O \hat{=} 18,02 \text{ g} \hat{=} \frac{18,02}{0,917} = 19,65 \text{ cm}^3$

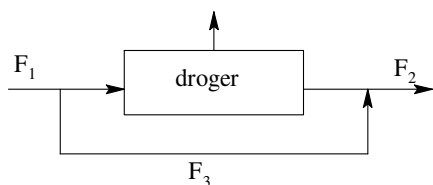
$$1 \text{ mol } H_2O_2 \hat{=} 34,01 \text{ g} \hat{=} \frac{34,01}{1,710} = 19,89 \text{ cm}^3$$

Ongeveer gelijke volumes. Of: als drie atomen van H_2O dezelfde ruimte innemen als de vier van H_2O_2 , dan moeten hun dichtheden zich verhouden als hun molaire massa's, ofwel:

$$\frac{34,01}{18,02} \hat{=} \frac{1,710}{0,917} \Rightarrow 1,89 \hat{=} 1,87$$

Opgave 6 Zeef droogt lucht

□25



□26 $500 \cdot (0,030 - 0,010) = 10 \text{ kmol } H_2O / \text{h}$

□27 Stel x = fractie lucht door bypass

Waterbalans: alle water in F_2 = alle water in F_3

$$500 \cdot 0,01 = x \cdot 500 \cdot 0,03 \Rightarrow x = 0,33$$

□28 $(20 / 100) \cdot 900 = 180 \text{ kg } H_2O$ kan opgenomen worden $\Rightarrow 180 / (10 \cdot 18) = 1,0 \text{ h}$.

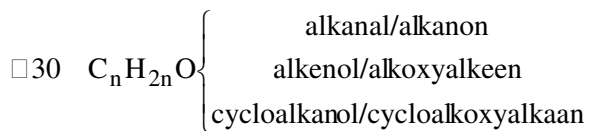
Opgave 7 Een hoopje isomeren

□29 $pV = nRT \Rightarrow n = \frac{pV}{RT} = \frac{101 \cdot 10^3 \cdot 444 \cdot 10^{-6}}{8,31 \cdot 385} = 1,40 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$.

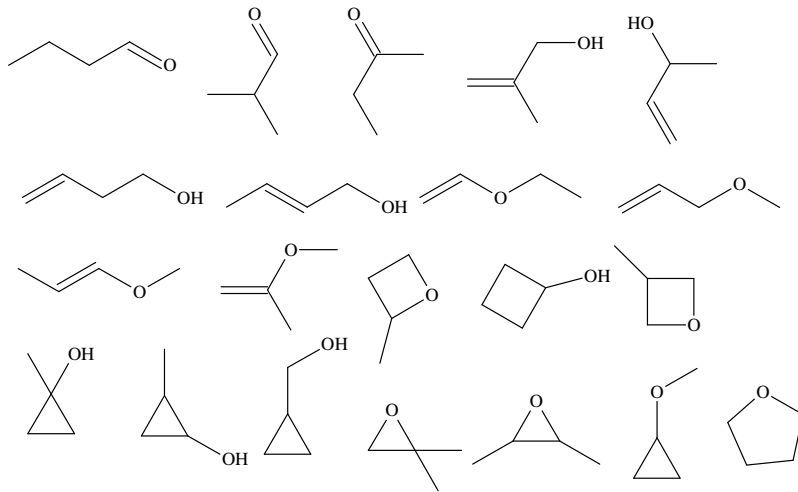
$$\frac{1,00 \text{ g}}{1,40 \cdot 10^{-2} \text{ mol}} = 71,3 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

71,3 g verbinding bevat $0,666 \cdot 71,3 = 47,5 \text{ g C}$, $0,112 \cdot 71,3 = 7,99 \text{ g H}$ en $15,8 \text{ g } H_2O$

1 mol verbinding bevat $47,5/12,0 = 4 \text{ mol C}$, $7,99/1,00 = 8 \text{ mol H}$ en $15,8/16,0 = 1 \text{ mol O} \Rightarrow C_4H_8O$



10 structuurformules uit:



Opgave 8 Zuur meer

- 31 $pK_z(\text{HSO}_4^-) \gg pK_z(\text{NH}_4^+) \Rightarrow$ bijdrage NH_4^+ verwaarloosbaar.

$$K_z(\text{HSO}_4^-) = 1,20 \cdot 10^{-2} = \frac{(1,0 \cdot 10^{-3})^2}{[\text{HSO}_4^-]_0 - 1,00 \cdot 10^{-3}}$$

$$[\text{HSO}_4^-]_0 = 1,08 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$

1 L regenwater bevat $1,08 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 115,1 \text{ g mol}^{-1} = 0,12 \text{ g}$; 1 m^3 regenwater bevat $0,12 \cdot 10^{-3} \text{ ton}$;

$1,0 \cdot 10^7 \text{ m}^3$ regenwater bevat $1,2 \cdot 10^3 \text{ ton}$

- 32 HCO_3^- en H_2CO_3 bepalen de pH: buffer

$$[\text{H}^+] = K_z(\text{H}_2\text{CO}_3) \cdot \frac{\text{zuur}}{\text{gec. base}}; \text{pH} = \text{p}K_z(\text{H}_2\text{CO}_3) - \log \frac{\text{zuur}}{\text{gec. base}}$$

$$6,36 - \log \frac{14/62}{25/61} = 6,36 - \log 0,551 = 6,62$$

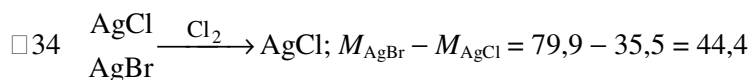
- 33 Bij $\text{pH} = 4,5$ is er geen sprake meer van een buffermengsel. Met goede verwaarlozing is alle HCO_3^- omgezet volgens: $\text{HSO}_4^- + \text{HCO}_3^- \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{SO}_4^{2-}$

$$25 \text{ mg dm}^{-3} = 25 \text{ g m}^{-3} \Rightarrow \text{er is omgezet: } 8,0 \cdot 10^7 \cdot 25/61 = 3,28 \cdot 10^7 \text{ mol HCO}_3^- (\text{HSO}_4^-)$$

1 m^3 regenwater bevat $1,08 \text{ mol HSO}_4^-$ (zie □31)

nodig $3,08 \cdot 10^7 / 1,08 = 3,04 \cdot 10^7 \text{ m}^3$. Dit komt overeen met 3,0 jaar.

Opgave 9 Neerslachtig



$0,087 \text{ g}$ komt overeen met $1,96 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ omgezet AgBr

na omzetting in totaal $(1,52 - 0,087) / 143,3 = 1,00 \cdot 10^{-2} \text{ AgCl}$

oorspronkelijk: $1,00 \cdot 10^{-2} - 1,96 \cdot 10^{-3} = 8,04 \cdot 10^{-3} \text{ mol Cl}^-$ en $1,96 \cdot 10^{-3} \text{ mol Br}^-$

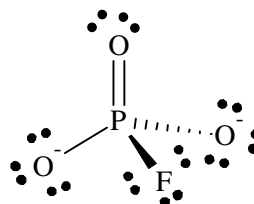
$$\frac{\text{massa Br}^-}{\text{massa Cl}^-} = \frac{1,96 \cdot 79,9}{8,04 \cdot 35,5} = 0,554$$

Opgave 10 Base lust zuur(tje)

- 35 $\text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O}$
- 36 Het equivalentiepunt ligt bij 26,8 (27) mL.
 $26,8 \text{ mL} \cdot 0,100 \text{ mol L}^{-1} = 2,68 \text{ mmol H}_3\text{O}^+ = 2,68 \text{ mmol NH}_4^+$
 $[\text{NH}_3] = 2,68/25,0 = 0,107 \text{ mol L}^{-1}$
- 37 Het equivalentiepunt in zuur milieu, veroorzaakt door het geconjugeerde zuur van een zwakke base.
- 38 Een zeer geschikt punt, halverwege de titratie, dus bij 13,4 mL. Daar geldt immers dat $[\text{base}] = [\text{gec. zuur}]$ en dus $K_b = [\text{OH}^-]$
 Bij 13,4 mL is de $\text{pH} = 9,2$ à $9,3 \Rightarrow \text{pOH} = 4,8$ à $4,7$, dus $K_b = 2 \cdot 10^{-5}$.
 Je kunt natuurlijk ook een ander punt voor de berekening gebruiken.
- 39 ammoniumchloride
- 40 25,0 mL ammonia samen met 18,0 mL zoutzuur geeft 43,0 mL oplossing. Voor 400 mL buffer is dan nodig:
 $\frac{400}{43,0} \cdot 25,0 = 233 \text{ mL ammonia}$ en $\frac{400}{43,0} \cdot 18,0 = 167 \text{ mL zoutzuur}$.
- 41 $233 \text{ mL} \cdot 0,107 \text{ M ammonia} = 24,9 \text{ mmol NH}_3$; $167 \text{ mL} \cdot 0,100 \text{ M zoutzuur} = 16,7 \text{ mmol H}_3\text{O}^+$
 400 mL bufferoplossing bevat $24,9 - 16,7 = 8,20 \text{ mmol NH}_3$ en $16,7 \text{ mmol NH}_4^+$
 $K_b = [\text{OH}^-] \cdot \frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]}$; $[\text{OH}^-] = K_b \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = 2 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{8,20}{16,7} = 9,82 \cdot 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$. $\text{pOH} = 5,0$ en $\text{pH} = 9,0$

Opgave 11 Tandpasta

- 42 100 g tandpasta komt overeen met 0,1 g fluor, dus 0,05 g F in NaF en ook 0,05 g F in Na_2FPO_3 .
 $0,05 \cdot \frac{42}{19} = 0,111 \text{ g NaF}$, ofwel 0,111%
 en $0,05 \cdot \frac{144}{19} = 0,379 \text{ g Na}_2\text{FPO}_3$, ofwel 0,379%.
- 43 FPO_3^{2-} betekent P centraal en 4 liganden, een tetraëdermodel.



Opgave 12 Bepalen met warmte

- 44 $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$
- 45 Bij de exotherme reactie van H_3O^+ met OH^- komt warmte vrij. Hierdoor loopt de temperatuur op. Er wordt ook warmte aan de omgeving afgestaan. Uiteindelijk daalt de temperatuur weer naar omgevingstemperatuur.
- 46 $\Delta T = 30,95 (31) - 24,00 = 6,95 \text{ K}$
 $\Delta H = -Q = -\Delta T \cdot c_p = -6,95 \cdot 4,18 \cdot 50 = -1,45 \cdot 10^3 \text{ J} / 25 \text{ mmol}$.
 $\Delta H = -58,1 \text{ kJ} / \text{mol}$
- 47 1), 2) en 3). In alle gevallen zal de experimenteel bepaalde reactiewarmte *lager* zijn dan de werkelijke. In geval 1) en 2) krijg je minder reactieproduct dan je verwacht. In geval 3) verlies je warmte aan de omgeving.

Opgave 13 Snelheidsmeting

- 48 Bij constante $[\text{NO}_2]$ neemt s evenredig toe met $[\text{F}_2]$, zie exp. 1 + 2 of 3 + 4.

Bij constante $[\text{F}_2]$ neemt s evenredig toe met $[\text{NO}_2]$, zie exp. 2 + 3.

Dus s is evenredig met $[\text{NO}_2] \cdot [\text{F}_2]$; som van de exponenten is 2.

□49 $4,0 \cdot 10^{-5} = k \cdot (1,0 \cdot 10^{-3})^2 \Rightarrow k = \frac{4,0 \cdot 10^{-5}}{(1,0 \cdot 10^{-3})^2} = 40 \frac{\text{L}}{\text{mol s}}$

□50 $E_a = R \cdot \frac{T_1 \cdot T_2}{T_1 - T_2} \cdot \ln \frac{k_{T_1}}{k_{T_2}} = 8,31 \cdot \frac{298 \cdot 323}{298 - 323} \cdot \ln \frac{1}{2} = 2,22 \cdot 10^4 \text{ J} = 22,2 \text{ kJ}$

Opgave 14 Destillaat en schotel

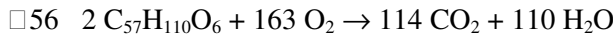
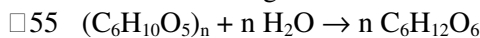
- 51 molfractie $x_0 = \text{molfractie } y_1 = 0,95$
- 52 Bij zelfde T van damplijn naar kooklijn, betekent een molfractie $x_1 = 0,87$.
- 53 Zie grafiek; na 7 schotels of 8 (afhankelijk van liniaalgebruik). Minder dan 7 is fout.

Opgave 15 Kolibrie

- 54 Een juiste berekening leidt tot de uitkomst $2,0 \cdot 10^2$ (J)

berekening aantal mol glucose: 0,013 delen door massa van een mol glucose

berekening energie die vrijkomt bij de verbranding van 13 mg glucose: $28,16 \cdot 10^5$ vermenigvuldigen met aantal mol glucose



dus $\text{RQ} = 114/163 = 0,7$ bij volledige verbranding van vet

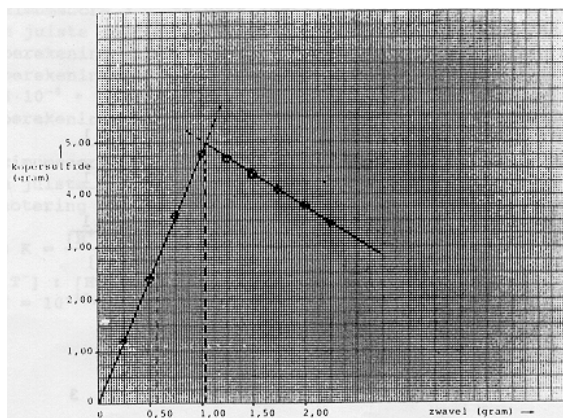
- 57 Een juiste berekening leidt tot de uitkomst 0,72

berekening aandeel vet in RQ: $0,93 \cdot 0,70$

berekening aandeel koolhydraat in RQ en berekening totale RQ: $0,07 \cdot 1,0$ en aandeel vet daarbij optellen

Opgave 16 Uitzwavelen

- 58



- 59 $0,57 (\pm 0,01)$ gram zwavel

juiste hulplijnen in diagram aangebracht

- 60 $1,04 (\pm 0,01)$ gram zwavel

- juiste hulplijn in diagram aangebracht
- 61 berekening aantal gram Cu in 5,00 gram kopersulfide:
5,00 gram minus de bij vraag □60 gevonden aantal gram S
berekening massaverhouding
- 62 Een juiste berekening leidt tot het antwoord Cu₂S
verhouding berekend door aantal gram Cu in 5,00 gram kopersulfide te delen door de atoommassa van koper, en aantal gram S in 5,00 gram kopersulfide te delen door de atoommassa van zwavel: 3,96 g Cu/63,5 g mol⁻¹ : 1,04 g S/32,0 g mol⁻¹ = 1,92 : 1,00
uit verhouding formule voor kopersulfide afgeleid met index voor S = 1

■ Opgave 17 Flogiston

- 63 beschrijving van een vorm voor een basisch deeltje,
bijv. als een hol cilindertje waar een zuur naaldje precies in past
beschrijving van neutralisatie
- 64 ijzerkalk + (koolstofkalk + flogiston) → koolstofkalk + (ijzerkalk + flogiston)
(= koolstof) (= ijzer)
- 65 Omdat bij de verbranding van koolstof vrijwel geen as overblijft, moet het grootste deel van koolstof wel uit flogiston bestaan.
- 66 het absorptievermogen van een hoeveelheid lucht voor flogiston is eindig: lucht kan verzadigd raken zodra dat het geval is, kan de brandende kaars zijn flogiston niet meer kwijt en gaat uit dus hoe meer absorptiemiddel, des te langer de kaars kan blijven branden
- 67 Higgins concludeerde dat de massa van flogiston negatief moest zijn. Wanneer uit een metaal een stof met negatieve massa ontwijkt, zal de achterblijvende kalk een grotere massa hebben dan het metaal, waaruit het is ontstaan.
- 68 (kalk + flogiston) + zuur → (kalk + zuur) + flogiston
(= metaal) (= zout)
conclusie dat flogiston overeen moet komen met waterstof
verklaring voor de gedachte, dat de combinatie van waterstof en kalk minder weegt dan de kalk bijvoorbeeld door vergelijking van de weging van een voorwerp met en zonder een er aan vast gemaakte ballon met waterstof

■ Opgave 18 Drinkwater

- 69 Er moet $(8 \times 7,1) / 40,1 \Rightarrow 1,4$ mmol calciumionen verwijderd worden
Bij onthardingsmethode 1:
 $\text{Ca}^{2+} + \text{HCO}_3^- + \text{OH}^- \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
hoeveelheid natriumionen neemt toe met $(1,4 \times 23 =) 32,2$ mg dus hoeveelheid natriumionen wordt $(91 + 32,2 =) 123,2$ mg, waardoor het water niet meer aan de norm voor Na⁺ voldoet
Bij onthardingsmethode 2:
zelfde vergelijking als bij 1, maar vermeld moet zijn dat door het toevoegen van calciumionen de hoeveelheid te verwijderen calciumionen twee maal zo groot is geworden
hoeveelheid waterstofcarbonaat zou af moeten nemen met $(2 \times 1,4 \times 61 =) 171$ mg, waarvoor niet genoeg waterstofcarbonaat aanwezig is
Bij onthardingsmethode 3:
 $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{CaCO}_3$
hoeveelheid natriumionen neemt toe met $(2 \times 1,4 \times 23 =) 64,4$ mg waardoor het water niet meer aan de norm voor Na⁺ voldoet
- 70 Een juiste redenering leidt tot het antwoord dat methode 1 en 3 gecombineerd moeten worden en wel voor resp. 34 en 66%

keuze voor combinatie van methode 1 en 3 met als argument dat dan het HCO_3^- gehalte zo hoog mogelijk blijft
opstellen van vergelijking voor maximale hoeveelheid toe te voegen Na^+ ionen, bijvoorbeeld $(x + 2y)$
 $8 \cdot 7,1 \cdot 23/40,1 = 54$ waarbij $x =$ percentage methode 1/100 en $y =$ percentage methode 3/100
 $x + y = 1$

■ Opgave 19 Wig van Bjerrum

- 71 Een juiste berekening leidt tot de uitkomst €1,33
berekening molecuulmassa thymolftaleïen: 431 of 430,6
berekening aantal gram benodigd thymolftaleïen: $431 \cdot 2,6 \cdot 10^{-4} \times 2$
berekening kostprijs: $431 \times 2,6 \cdot 10^{-4} \times 2 \times 29,75/5$
- 72 Een juiste berekening leidt tot de uitkomst $1,2 \cdot 10^{-10}$

notering van uitdrukking voor evenwichtsconstante, bijv. als $K = \frac{[\text{H}^+][\text{T}^-]}{[\text{HT}]}$

$$[\text{T}^-] : [\text{HT}] = 12 : 8$$
$$K = 10^{-10,1} \cdot 1,5$$