EXAMEN SCHEIKUNDE VWO 1998, EERSTE TIJDVAK, opgaven

## Toiletzeep 1998-I(I)

Vele soorten zeep, zoals toiletzeep, zijn mengsels van hoofdzakelijk natriumzouten. Voorbeelden van dergelijke natriumzouten zijn natriumstearaat (C17H35COONa) en natriumpalmitaat.

Ter bereiding van een oplossing van zulke zepen laat men vetten of oliën reageren met een oplossing van een bepaalde stof.

1. 2p Geef de naam van die stof.

Als men zich wast, kan er wat zeepoplossing in de ogen komen. Dat kan een pijnlijk gevoel teweegbrengen. Eén van de oorzaken daarvan is dat de zeepoplossing basisch is.

1. 3p Geef de vergelijking waaruit blijkt dat bij het oplossen van natriumstearaat in water een basische oplossing ontstaat.

Shampoos bevatten zogenoemde synthetische zepen. Bij het gebruik van een shampoo is de kans erg groot dat er bij het wassen wat shampoo in de ogen komt. Dit is één van de redenen dat shampoos niet basisch mogen zijn. Een voorbeeld van een (synthetische) zeep die in shampoos voorkomt, is natriumlaurylsulfaat (C12H25OSO3−Na+). Zowel laurylsulfaat (C12H25OSO3−) als stearaat kan als base fungeren.

1. 4p Leg uit welke *K*bwaarde (bij 298 K) groter zal zijn: die van laurylsulfaat of die van stearaat. Ga bij de uitleg uit van het feit dat een oplossing van natriumlaurylsulfaat vrijwel neutraal is en een oplossing van natriumstearaat basisch.

Laurylwaterstofsulfaat wordt bereid uitgaande van laurylalcohol (C12H25OH). Alcoholen met 10 of meer C atomen per molecuul, zoals laurylalcohol, worden vetalcoholen genoemd. Vetalcoholen kan men bereiden uitgaande van bijvoorbeeld kokosolie. Kokosolie bestaat uit glyceryltriësters van carbonzuren die ongeveer 12 C atomen per molecuul bevatten. Een voorbeeld van zo’n glyceryltriëster is:



De industriële bereiding van vetalcoholen is een continu proces dat als volgt in een (nog onvolledig) blokschema kan worden weergegeven:



In reactor 1 reageren de glyceryltriësters met methanol dat *in overmaat* wordt toegevoerd:

Glyceryltriësters + methanol → methylesters + glycerol

Men noemt een reactie waarbij uit een ester en een alcohol een andere ester en een andere alcohol ontstaan, een omestering.

In reactor 2 reageren de gevormde methylesters met waterstof die *in overmaat* wordt toegevoerd. Een voorbeeld van een reactie die daarbij optreedt, is:

CH3−COO−C11H23 + 2 H2 → CH3OH + C12H25OH

In reactor 2 ontstaan door omestering ook kleine hoeveelheden van zogenoemde wasesters. Een voorbeeld van zo'n wasester is:

C11H23−COO−C12H25

1. 4p Geef de vergelijking voor het ontstaan van deze wasester in reactor 2 in structuurformules (met C11H23 en C12H25 als notaties voor de betreffende koolwaterstofgroepen).

De ontstane wasesters worden na afscheiding teruggeleid naar reactor 2 waar ze worden omgezet in vetalcoholen.

Het hele, continue proces kan als volgt schematisch worden weergegeven:



Mede met behulp van dit schema is af te leiden dat het eerder gegeven blokschema niet compleet is: niet alle lijnen die de stofstromen weergeven, staan erin.

Hieronder staat het niet complete blokschema weergegeven.



1. 5p Maak het blokschema compleet door het plaatsen van lijnen. Zet bij de nieuwe lijnen ook bijschriften.

Een deel van de moleculen van de glyceryltriësters in kokosolie is onverzadigd. Het onverzadigde karakter van deze glyceryltriësters wordt uitsluitend veroorzaakt door de aanwezigheid van  
−CH=CH− groepen in die moleculen. Het mengsel van vet alcoholen dat de fabriek verlaat, bestaat echter uitsluitend uit vet alcoholen waarvan de moleculen geen −CH=CH− groepen bevatten. Dit komt omdat in reactor 2 de onverzadigde vetalcoholen reageren met waterstof onder vorming van verzadigde vetalcoholen. Hierdoor moet bij  in de fabriek (zie blokschema) meer waterstof worden ingeleid dan het geval zou zijn als kokosolie uitsluitend uit verzadigde glyceryltriësters zou bestaan.

1. 3p Leid af in welke molverhouding waterstof en de glyceryltriësters de fabriek moeten worden ingeleid als de kokosolie uitsluitend uit verzadigde glyceryltriësters zou bestaan.
2. 5p Bereken het gemiddelde aantal mol −CH=CH− groepen per mol glyceryltriësters als per minuut 11,0 mol glycerol de fabriek verlaat en per minuut 71,4 mol waterstof wordt ingeleid.

## Weekmaker 1998-I(II)

De verbinding dioctylftalaat wordt als weekmaker in plastics verwerkt. Dioctylftalaat wordt bereid uit ftaalzuur (1,2-benzeendicarbonzuur) en isoöctanol (C8H18O). De structuurformule van isoöctanol is:



Een molecuul isoöctanol bevat een asymmetrisch C atoom (in de bovenstaande structuurformule het vijfde C atoom van links). Van isoöctanol bestaan twee stereo-isomeren, in dit geval optische isomeren.

Ook van dioctylftalaat bestaan stereo-isomeren. De structuurformule van dioctylftalaat kan als volgt worden weergegeven:



1. 4p Leg mede aan de hand van deze structuurformule uit hoeveel stereo-isomeren er bestaan van dioctylftalaat.

Voor de industriële bereiding van isoöctanol gaat men uit van propeen, koolstofmonoöxide en waterstof. De bereiding van isoöctanol is een continu proces waarbij vier achtereenvolgende reacties plaatsvinden. De eerste twee reacties verlopen als volgt.

***Reactie 1:*** CH3−CH=CH2 + CO + H2 → CH3−CH2−CH2−CHO  
***Reactie 2:*** 2 CH3−CH2−CH2−CHO → CH3−CH2−CH2−CH(OH)−CH(CH2−CH3)−CHO

1. 5p Geef de systematische naam van het reactieproduct C8H16O2 van reactie 2.

Bij de verdere bereiding van isoöctanol treedt eerst afsplitsing van H2O op: C8H16O2 → C8H14O + H2O

Eén van de hierbij optredende reacties kan als volgt worden weergegeven.

***Reactie 3:*** CH3CH2CH2CH(OH)CH(CH2CH3)CHO → CH3CH2CH=CHCH(CH2CH3)CHO + H2O

Een molecuul C8H14O met de boven weergegeven structuurformule bevat één asymmetrisch C atoom. Toch bestaan er meer dan twee stereo-isomeren met deze structuurformule.

1. 4p Leg uit hoeveel stereo-isomeren C8H14O er met bovenstaande structuurformule bestaan.

Bij de laatste reactie (reactie 4) ter bereiding van isoöctanol vindt additie plaats.

***Reactie 4:*** H2 reageert met C8H14O onder vorming van uitsluitend isoöctanol.

Alle reacties 1 tot en met 4 van de beschreven industriële bereiding van isoöctanol vinden plaats in één fabriek.

Uit bovenstaande gegevens kan de molverhouding CO : H2 afgeleid worden waarin deze stoffen in die fabriek moeten worden geleid.

1. 4p Leg uit welke molverhouding CO : H2 dat moet zijn.

## Oplosbaarheid van koolstofdioxide 1998-I(III)

Koolstofdioxide (CO2) lost niet erg goed op in water. Die eigenschap hangt onder andere samen met het feit dat koolstofdioxide een apolaire stof is, dat wil zeggen dat een koolstofdioxidemolecuul geen dipoolmolecuul is.

1. 3p Geef de elektronenformule van een CO2 molecuul. Geef die formule daarbij zo weer dat daaruit blijkt hoe de posities van de atomen ten opzichte van elkaar zijn.
2. 2p Leg uitgaande van het antwoord op vraag 12 uit hoe het komt dat een koolstofdioxide-molecuul geen dipoolmolecuul is.

Koolstofdioxide komt in opgeloste vorm onder andere voor in zeewater. De concentratie van koolstofdioxide in zeewater is onder andere afhankelijk van de concentratie van koolstofdioxide in de lucht die in contact is met het zeewater.

Als water geruime tijd met lucht in contact is geweest, kan zich een evenwicht instellen dat als volgt wordt weergegeven: CO2(g) ⇌ CO2(aq)

De waarde van de evenwichtsconstante *K* van dit evenwicht bedraagt 0,85 (298 K).

1. 4p Laat met een berekening zien of dit evenwicht zich heeft ingesteld als zeewater dat aan de oppervlakte 5,5.105 mol CO2(aq) per liter bevat, bij 298 K en *p = p*o in contact is met lucht die 0,035 volumeprocent koolstofdioxide bevat.

## Vrijheidsbeeld 1998-I(IV)

Het Vrijheidsbeeld in New York is van koper. Het beeld is bedekt met een groen laagje vaste stof. Dit komt doordat het koper met stoffen uit de vochtige verontreinigde lucht van New York is omgezet onder vorming van groene, slecht oplosbare koper(II)verbindingen. Eén van die verbindingen heeft de formule Cu4(OH)6SO4. Eén van de stoffen waarmee koper in dit geval heeft gereageerd is zwaveldioxide.

1. 5p Geef de vergelijking van de vorming van Cu4(OH)6SO4 uit koper en stoffen uit de (verontreinigde) lucht. Neem hierbij aan dat uitsluitend Cu4(OH)6SO4 ontstaat.

Op veel koperen voorwerpen die met vochtige lucht in contact staan, vindt men (slecht oplosbare) koper(II)verbindingen waarin carbonaat voorkomt, bijvoorbeeld Cu2CO3(OH)2. Als gevolg van de invloed van zure regen komen op het Vrijheidsbeeld echter geen carbonaten voor.

Men kan met een eenvoudige kwalitatieve proef aantonen dat op het Vrijheidsbeeld geen carbonaten voorkomen. Men schraapt daartoe wat van het groene laagje af en voegt aan de afgeschraapte stof een oplossing van een stof X toe.

1. 3p Geef de formule van een stof X die voor deze proef geschikt is en geef de formule(s) van de stof(fen). die daarbij zou(den) ontstaan als wèl carbonaten aanwezig zouden zijn.
2. 1p Waaraan kan men bij deze proef *zien* dat in de afgeschraapte stof geen carbonaten voorkomen?

## Scheve toren van Pisa 1998-I(V)

De scheve toren van Pisa zakt steeds verder weg in een waterrijke kleilaag. Om tegen te gaan dat de toren nog verder scheef gaat staan, heeft men voorgesteld om water uit de kleilaag te verwijderen en wel zodanig dat daardoor de kleilaag aan één kant van de toren zou slinken.

Ter verwijdering van water uit de kleilaag heeft men voorgesteld elektrolyse toe te passen. Daartoe zouden elektroden in de kleilaag aangebracht moeten worden en aangesloten moeten worden op een gelijkspanningsbron.

1. 2p Welke soort deeltjes moet het water in de kleilaag in elk geval bevatten om elektrolyse mogelijk te maken?

Als men bij de elektrolyse ijzeren staven als elektroden zou toepassen, zouden de volgende halfreacties optreden.

Aan de positieve elektrode: Fe → Fe2+ + 2 e

Aan de negatieve elektrode: 2 H2O + 2 e−→ H2 + 2 OH

De ontstane Fe2+ ionen reageren uiteindelijk met de ontstane OH ionen onder vorming van Fe(OH)2.

Men veronderstelt dat het gas dat bij zo'n elektrolyse ontstaat, via de bovenste grondlagen zal ontwijken.

Een nadeel van het gebruik van ijzerelektroden is dat de staaf die gebruikt wordt als positieve elektrode na verloop van tijd vervangen zal moeten worden.

Stel dat:

* de elektrolyse met behulp van ijzerelektroden aan het begin van de eerste week van het jaar wordt gestart en pas wordt gestopt als de ijzeren staaf die als positieve elektrode wordt gebruikt, vervangen moet worden;
* die vervanging plaats moet vinden in de week dat de massa van die staaf 100kg minder is geworden;
* de toegepaste stroomsterkte constant 100 ampère is (1 ampère = 1 coulomb per seconde);
* geen andere halfreacties aan de elektroden optreden dan de bovengenoemde.

1. 6p Bereken, mede aan de hand van Binas tabel 7, in de hoeveelste week men dan de ijzeren staaf die gebruikt wordt als positieve elektrode moet vervangen.

Het is ook mogelijk om bij de elektrolyse in plaats van ijzerelektroden grafietelektroden te gebruiken.

In dat geval zullen de volgende halfreacties optreden.

Aan de positieve elektrode: 2 H2O → O2 + 4 H+ + 4 e−  
Aan de negatieve elektrode: 2 H2O + 2 e− → H2 + 2 OH

Alle H+ ionen die aan de positieve elektrode ontstaan en alle OH ionen die aan de negatieve elektrode ontstaan, reageren uiteindelijk met elkaar:

H+ + OH → H2O

Men kan met behulp van de gegeven vergelijkingen afleiden hoeveel mol water per mol elektronen uiteindelijk wordt verwijderd uit de kleilaag.

Men wil de hoeveelheid water die uit de kleilaag verwijderd wordt bij toepassing van grafietelektroden, vergelijken met de hoeveelheid water die bij gebruik van dezelfde stroomsterkte in dezelfde tijd wordt verwijderd bij toepassing van ijzerelektroden.

1. 5p Leg uit of die verwijderde hoeveelheid water bij gebruik van grafietelektroden groter is dan, kleiner is dan of gelijk is aan de verwijderde hoeveelheid water bij gebruik van ijzerelektroden.

## Clausius 1998-I(VI)

Afvalgassen van chemische industrieën kunnen onder andere waterstofsulfide (H2S) bevatten. Omdat waterstofsulfide schadelijk is voor de gezondheid, mag het niet worden geloosd in het milieu. Daartoe scheidt men uit het afvalgas een gasmengsel af waaruit het waterstofsulfide voor een groot deel wordt omgezet in zwavel en waterdamp. Dit gebeurt in een continu proces. Dit proces is in het onderstaande blokschema weergegeven:



In reactor 1 reageert waterstofsulfide bij een zeer hoge temperatuur als volgt met zuurstof:

2 H2S(g) + O2(g) → S2(g) + 2 H2O(g)

In reactor 1 reageert precies alle ingeleide zuurstof volgens de bovenstaande reactievergelijking met precies al het waterstofsulfide dat in reactor 1 wordt geleid.

In reactor 1 treedt nog een andere reactie op. Een deel van de ontstane zwavel wordt in een evenwichtsreactie met de ontstane waterdamp omgezet in H2S en SO2.

3 S2(g) + 4 H2O(g) ⇌ 4 H2S(g) + 2 SO2(g) ***(evenwicht 1)***

Per seconde wordt 17,0 mol waterstofsulfide in reactor 1 geleid; er komt per seconde 5,6 mol waterstofsulfide uit de reactor.

1. 3p Bereken hoeveel mol S2 onder deze omstandigheden per seconde uit reactor 1 komt. Neem aan dat in reactor 1 geen andere reacties dan de bovengenoemde optreden.

Het gasmengsel dat uit reactor 1 komt, wordt in de scheidingsruimte afgekoeld; in de scheidingsruimte wordt uitsluitend zwavel afgescheiden. Het overgebleven gasmengsel dat de scheidingsruimte verlaat, wordt verwarmd en in een andere, tweede reactor geleid.

In deze tweede reactor stelt zich, mede onder invloed van een katalysator, het volgende evenwicht in:

16 H2S(g) + 8 SO2(g) ⇌ 3 S8(g) + 16 H2O(g) ***(evenwicht 2)***

De temperatuur van het gasmengsel dat in de tweede reactor wordt geleid, is 250 °C. Het gasmengsel dat uit die reactor komt, heeft een geheel andere temperatuur dan 250 °C. De temperatuurverandering in de reactor wordt veroorzaakt door het warmte-effect van de reactie naar rechts van evenwicht 2. Men kan het warmte-effect van deze reactie berekenen met behulp van onder andere gegevens uit Binastabel 57 A.

De zwavel waarop de gegevens in tabel 57 A zijn gebaseerd, is zogenoemde rombische zwavel: S8(s). De warmteverandering die optreedt bij de overgang S8(s) → S8(g) is +0,93⋅105 joule per mol S8 (298 K, *p*= *p*o)*.*

1. 5p Bereken voor de reactie naar rechts van evenwicht 2 het warmte-effect in joule per mol waterstofsulfide (298 K, *p* = *p*o)*.*
2. 2p Leg uit of de temperatuur van het gasmengsel dat uit de tweede reactor komt, lager dan 250 °C of hoger dan 250 °C zal zijn.

Uit het mengsel dat reactor 2 verlaat, wordt de zwavel afgescheiden. Het overblijvende gasmengsel bevat nog onder andere kleine hoeveelheden waterstofsulfide en zwaveldioxide. Om het gehalte aan waterstofsulfide in dat gasmengsel te bepalen leidt men een deel van het gasmengsel door broomwater waarin zich 0,300 mmol broom bevindt. Het broom is in overmaat aanwezig. Zowel waterstofsulfide als zwaveldioxide reageert met broom. Die reacties kunnen als volgt worden weergegeven:

H2S + Br2 → S + 2 Br− + 2 H+  
SO2 + Br2 + 2 H2O → SO42− + 2 Br− + 4 H+

Men zet vervolgens het niet gereageerde broom volledig om met behulp van een oplossing van kaliumjodide. Tenslotte titreert men het gevormde jood met een natriumthiosulfaatoplossing. Voor deze titratie blijkt 0,244 mmol S2O32− nodig te zijn.

Uit de gegevens bij deze titratie kan men berekenen hoeveel mmol waterstofsulfide en zwaveldioxide samen in de onderzochte hoeveelheid gasmengsel aanwezig zijn. Uit andere gegevens in de opgave kan men afleiden in welke (constante) molverhouding waterstofsulfide en zwaveldioxide in het onderzochte gasmengsel voorkomen.

1. 6p Bereken hoeveel mmol waterstofsulfide in de onderzochte hoeveelheid gasmengsel aanwezig was.