

Dit examen bestaat uit 24 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel
punten met een goed antwoord behaald
kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg of
berekening gevraagd wordt, worden aan het
antwoord meestal geen punten toegekend
als deze verklaring, uitleg of berekening
ontbreekt.

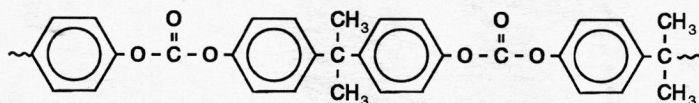
Geef niet meer antwoorden (redenen,
voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd.
Als er bijvoorbeeld twee redenen worden
gevraagd en je geeft meer dan twee redenen,
worden alleen de eerste twee in de
beoordeling meegeteld.

Opgave 1

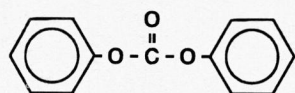
Veiligheidsglas bevat vaak het polymeer lexaan. In een folder over veiligheidsglas staat dat lexaan een smelttraject heeft dat begint bij 215 °C.

- 3 p 1 ☐ Leg aan de hand van de moleculaire samenstelling van een polymeer uit hoe verklaard kan worden dat een polymeer als lexaan geen smeltpunt maar een smelttraject heeft.

De structuurformule van lexaan kan als volgt worden weergegeven:



Eén van de grondstoffen die voor de productie van lexaan wordt gebruikt, heeft de volgende structuurformule:

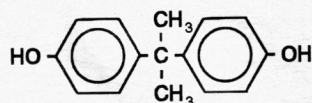


stof 1

Stof 1 wordt in de industrie gemaakt uit (opgelost) natriumfenolaat ($\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-\text{Na}^+$) en een stof X. De molverhouding waarin deze twee stoffen met elkaar reageren is 2 : 1. Behalve stof 1 ontstaat bij dit proces uitsluitend (opgelost) natriumchloride.

- 3 p 2 ☐ Geef de structuurformule van stof X.

De andere grondstof die voor de productie van lexaan wordt gebruikt, heeft de volgende structuurformule:



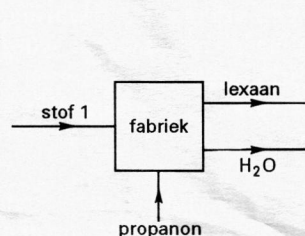
stof 2

Stof 2 wordt in de industrie gemaakt uit propanon en fenol.

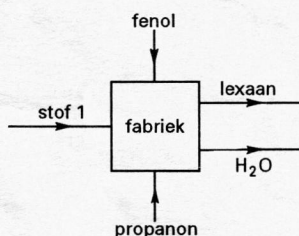
Bij de productie van lexaan uit de stoffen 1 en 2 ontstaat, behalve lexaan, uitsluitend fenol. Voor de productie van stof 2 is fenol nodig. Daarom zou een fabriek ontworpen kunnen worden waarin, volgens een continu proces, het fenol dat bij de productie van lexaan ontstaat, gebruikt wordt voor de productie van stof 2.

De aan- en afvoer van stoffen in dit continue proces kan weergegeven worden met één van de onderstaande schema's:

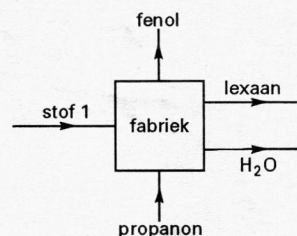
schema's



schema 1



schema 2

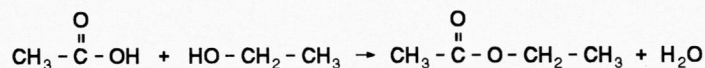


schema 3

- 4 p 3 ☐ Leg uit, aan de hand van de reacties die in de fabriek zullen optreden, welk van deze schema's de aan- en afvoer van stoffen in de fabriek juist weergeeft. Neem hierbij aan dat geen stoffen door lekkage verloren gaan.

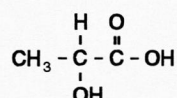
Opgave 2

Bij verwarming van een alkaanzuur met een alcohol vindt vaak waterafsplitsing plaats; behalve water wordt daarbij een ester gevormd. Zo treedt bij de verwarming van een mengsel van azijnzuur en ethanol de volgende reactie op:



Ook bij verwarming van een hydroxyalkaanzuur treedt in vele gevallen waterafsplitsing op. Op welke manier die waterafsplitsing tot stand komt, hangt af van het soort hydroxyalkaanzuur dat verwarmd wordt.

Melkzuur is een voorbeeld van een 2-hydroxyalkaanzuur. De structuurformule van melkzuur is:



Door verwarming van melkzuur kan polymelkzuur gemaakt worden. Polymelkzuur is een voorbeeld van een polyester.

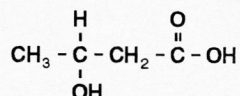
- 3 p 4 ☐ Geef van polymelkzuur een gedeelte uit het midden van een polymeermolekuul in structuurformule weer. Dit gedeelte dient te zijn ontstaan uit drie molekulen melkzuur.

Van melkzuur bestaan twee optische isomeren: rechtsdraaiend en linksdraaiend melkzuur.

Polymelkzuur dat gemaakt is van uitsluitend rechtsdraaiend melkzuur wordt bijvoorbeeld toegepast in de vorm van draad om wonden te hechten. Polymelkzuur dat gemaakt is van uitsluitend rechtsdraaiend melkzuur wordt in het lichaam aanzienlijk sneller afgebroken dan polymelkzuur dat gemaakt is van uitsluitend linksdraaiend melkzuur. Het verschijnsel dat van een optisch actieve stof de ene vorm sneller in het lichaam wordt afgebroken dan de andere vorm komt vaker voor.

- 4 p 5 ☐ Leg uit hoe het komt dat in zo'n geval één van de vormen sneller in het lichaam wordt afgebroken dan de andere vorm.

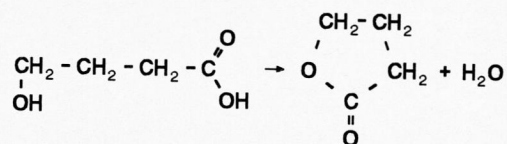
Bij verwarming van 3-hydroxyalkaanzuren worden alkeenzuren gevormd. Een voorbeeld van een 3-hydroxyalkaanzuur is 3-hydroxybutaanzuur. De structuurformule van 3-hydroxybutaanzuur is:



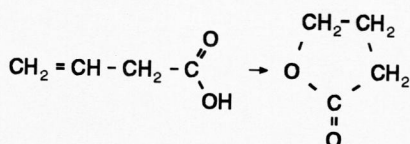
Bij verwarming van 3-hydroxybutaanzuur ontstaat onder andere 3-buteenzuur. Daarnaast ontstaan nog twee andere buteenzuren.

- 3 p 6 ☐ Geef aan welke twee buteenzuren dat zijn.

Bij verwarming van een 4-hydroxyalkaanzuur of van een 5-hydroxyalkaanzuur worden geen alkeenzuren gevormd, maar vindt een interne verestering plaats. Hierbij ontstaan zogenoemde lactonen; dit zijn cyclische esters. Zo kan uit 4-hydroxybutaanzuur een lacton ontstaan, waarvan de molekulen een vijfving bezitten:



Een lacton kan onder bepaalde omstandigheden ook ontstaan uit een alkeenzuur. Zo kan het bovengenoemde lacton ook ontstaan uit 3-buteenzuur:

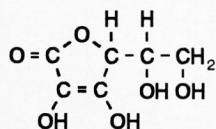


Bij dit soort reacties worden geen lactonen gevormd waarvan de molekulen een vierring bevatten.

Bij verwarming van 4-penteenzuur ontstaan drie lactonen. Twee van deze lactonen hebben hetzelfde smeltpunt.

- 3p 7 □ Leg aan de hand van structuurformules uit welke drie lactonen bij verwarming van 4-penteenzuur ontstaan.

Vitamine C heeft de volgende structuurformule:



Vitamine C is te beschouwen als een lacton dat door ringsluiting is ontstaan uit een verbinding X. Op grond van uitsluitend bovenstaande gegevens zijn voor verbinding X twee mogelijkheden te bedenken waarvan behalve de structuurformules ook de molekuulformules verschillen.

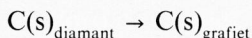
- 4 p **8** □ Geef die twee mogelijke structuurformules voor verbinding X.

Opgave 3

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

- 1p **9** ☐ Geef de naam van het bindingstype dat er in diamant de oorzaak van is dat de deeltjes in het kristalrooster sterk aan elkaar gebonden zijn.
- 3p **10** ☐ Beschrijf de ruimtelijke ordening van de deeltjes in het kristalrooster van diamant.

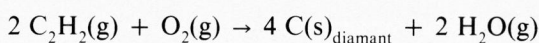
Diamant is een niet stabiele vorm van koolstof. Diamant kan door middel van een exotherme reactie overgaan in grafiet:



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

- 4 p 11 □ Schets van de omzetting van diamant in grafiet een energiediagram en geef aan de hand daarvan aan hoe het komt dat diamant bij kamertemperatuur niet wordt omgezet in grafiet.

Diamant wordt voor het grootste deel door mijnbouw gewonnen. Er zijn echter ook processen ontwikkeld om kunstmatig diamant te maken. Bij één van die processen wordt ethyn onvolledig verbrand; de reactieproducten, waaronder koolstof, worden in contact gebracht met een diamant. Door het neerslaan van koolstof op de diamant groeit deze aan. Het hele proces is als volgt weer te geven:



- 4 p 12 □ Bereken met behulp van Binas tabel 57a en tabel 57b de enthalpieverandering ΔH van deze reactie in joule per mol $\text{C(s)}_{\text{diamant}}$ ($T = 298 \text{ K}$, $p = p_0$).

De aangroei snelheid die men met dit proces kan bereiken is zodanig dat er per uur een laagje met een dikte van 0,050 mm (gemeten bij 293 K) bijkomt.

- 4 p 13 □ Bereken het aantal koolstofatomen dat bij toepassing van deze techniek per mm^2 per uur neerslaat.

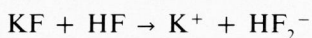
Opgave 4

Eén van de grondstoffen die gebruikt kunnen worden voor de bereiding van waterstoffluoride is fluorapatiet, $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$. Fluorapatiet kan beschouwd worden als een mengsel van de zouten calciumfluoride en calciumfosfaat.

- 4 p 14 □ Leid af in welke molverhouding, calciumfluoride : calciumfosfaat, deze zouten in fluorapatiet aanwezig zijn.

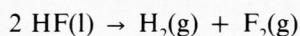
Door toevoeging van een zuur wordt fluorapatiet omgezet in onder andere waterstoffluoride (HF).

Waterstoffluoride kan door middel van elektrolyse worden omgezet in waterstof en fluor. In een fluorfabriek voegt men daartoe aan een overmaat vloeibaar waterstoffluoride eerst een hoeveelheid kaliumfluoride (KF) toe. Daarbij treedt de volgende reactie op:

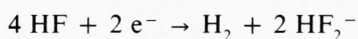


Het aldus verkregen mengsel wordt geëlektrolyseerd.

Het gehele elektrolyseproces kan als volgt in een reactievergelijking worden weergegeven:



Aan de negatieve elektrode treedt tijdens de elektrolyse de volgende reactie op:

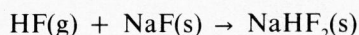


- 4 p 15 □ Geef de vergelijking van de reactie die tijdens de elektrolyse optreedt aan de positieve elektrode.

Het ontstane waterstofgas en het ontstane fluorgas verlaten de elektrolyseruimte via aparte uitgangen. Tijdens de elektrolyse verdampt wat waterstoffluoride. Daardoor bevat zowel de afgevoerde waterstof als de afgevoerde fluor wat (gasvormig) waterstoffluoride. Om uit het afgevoerde gasmengsel van waterstof en waterstoffluoride zuiver waterstof te verkrijgen wordt dit gasmengsel in contact gebracht met natronloog. Om uit het afgevoerde gasmengsel van fluor en waterstoffluoride zuiver fluor te verkrijgen kan geen natronloog gebruikt worden. Dit is af te leiden uit gegevens in Binas.

- 4 p **16** □ Geef de vergelijkingen van de reacties die zouden optreden als het mengsel van fluor en waterstoffluoride in contact gebracht zou worden met natronloog.

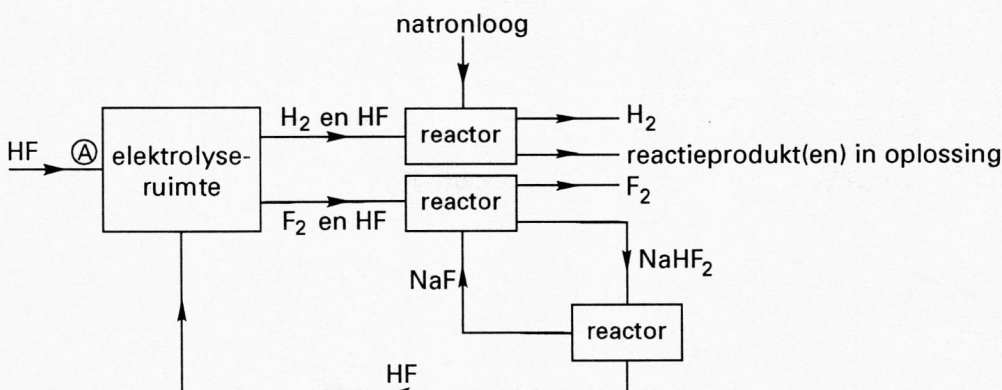
Zuiver fluor kan wel verkregen worden door het mengsel van fluor en waterstoffluoride in contact te brengen met natriumfluoride. Het waterstoffluoride reageert hiermee als volgt:



Door het gevormde NaHF_2 in een aparte reactor te verhitten kan het waterstoffluoride worden teruggewonnen.

Als de productie van fluor als een continu proces wordt uitgevoerd, kan dit proces als volgt worden weergegeven:

schema



In een bepaalde fluorfabriek wordt volgens dit continu proces $1,0 \cdot 10^4$ mol F_2 per uur geproduceerd. De gasmengsels die de elektrolyseruimte verlaten, bevatten beide 4,8 volumepercent waterstoffluoride; het ene gasmengsel bevat daarnaast dus 95,2 volumepercent waterstof, het andere gasmengsel 95,2 volumepercent fluor. Om de samenstelling van het mengsel in de elektrolyseruimte constant te houden moet voortdurend waterstoffluoride worden toegevoerd.

- 4 p **17** □ Bereken hoeveel kg waterstoffluoride bij dit continu proces per uur bij A moet worden toegevoerd.

Opgave 5

Water dat in fabrieken gebruikt wordt voor het maken van stoom, zogenoemd ketelwater, mag geen corrosie veroorzaken. Daarom moet de opgeloste zuurstof verwijderd worden. Daartoe wordt aan het ketelwater een stof toegevoegd die snel en volledig met zuurstof kan reageren. Hydrazine (N_2H_4) is zo'n stof. Bij de reactie van hydrazine met opgeloste zuurstof ontstaan uitsluitend water en stikstof.

- 4 p 18 ☐ Bereken hoeveel liter water dat 0,75 mg opgeloste zuurstof per liter bevat men met 1,0 kg hydrazine zuurstofvrij kan maken.

De stof die aan ketelwater wordt toegevoegd om opgeloste zuurstof te verwijderen, wordt in overmaat toegevoegd. Het ketelwater mag echter niet zuur worden: in een zure oplossing wordt ijzer ook aangetast. Ook om deze reden kan hydrazine gebruikt worden: hydrazine is een zwakke base. Het geconjugeerde zuur van N_2H_4 is N_2H_5^+ . De K_b van hydrazine bij 298 K is $8,5 \cdot 10^{-7}$.

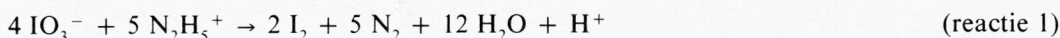
- 4 p 19 ☐ Bereken de pH van een $1,0 \cdot 10^{-3}$ M hydrazine-oplossing bij 298 K.

Een bijkomend voordeel van hydrazine is dat eventueel aanwezig roest door hydrazine wordt omgezet in een afsluitend laagje Fe_3O_4 . Roest kan worden weergegeven met de formule $\text{FeO}(\text{OH})$.

- 4 p 20 ☐ Geef de vergelijking van de reactie van hydrazine met $\text{FeO}(\text{OH})$. Neem hierbij aan dat behalve Fe_3O_4 uitsluitend stikstof en water gevormd worden.

Omdat het gehalte aan hydrazine in ketelwater steeds boven een bepaalde minimumwaarde moet liggen, wordt de molariteit regelmatig bepaald. Daarbij kunnen diverse methoden toegepast worden. Bij toepassing van één van die methoden is men als volgt te werk gegaan.

Eerst werd 10 ml ketelwater aangezuurd waardoor alle N_2H_4 werd omgezet in N_2H_5^+ . Daarna werd 0,025 mmol kaliumjodaat (KIO_3) in oplossing toegevoegd; dit was een overmaat. Er trad een reactie op onder vorming van onder andere jood:



Na volledige omzetting van de N_2H_5^+ werd een overmaat kaliumjodide in oplossing toegevoegd. Het overgebleven jodaat werd daardoor omgezet in jood:



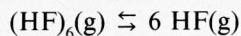
Tenslotte werd de ontstane oplossing getitreerd met een natriumthiosulfaat-oplossing. Hierbij reageerde zowel het jood dat in reactie 1 is ontstaan als het jood dat in reactie 2 is ontstaan. Voor de titratie bleek 0,090 mmol $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ nodig te zijn.

- 6 p 21 ☐ Bereken de molariteit van het hydrazine in het ketelwater.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Opgave 6

Waterstoffluoride kookt bij 293 K ($p = p_0$). In waterstoffluoridedamp van $T = 293$ K en $p = p_0$ stelt zich het volgende evenwicht in:



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

- 3 p **22** □ Laat met een berekening aan de hand van deze gegevens zien welke van de soorten molekulen, $(\text{HF})_6$ of HF, het meeste voorkomt in het gasmengsel van $T = 293$ K en $p = p_0$.

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

- 4 p **23** □ Leg uit hoe het komt dat die dichtheid in dat geval kleiner dan $2,4 \text{ g dm}^{-3}$ is.

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

- 5 p **24** □ Bereken de waarde van de evenwichtsconstante K van het evenwicht $(\text{HF})_6(\text{g}) \rightleftharpoons 6 \text{ HF}(\text{g})$ bij $T = 353$ K en $p = p_0$.

Einde