

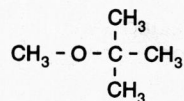
**Dit examen bestaat uit 23 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel
punten met een goed antwoord behaald kunnen
worden.**

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

Bij het maken van benzine wordt vaak een stof toegevoegd die de volgende structuurformule heeft:



4p 1 ☐ Geef de systematische naam van deze stof.

Deze stof kan worden bereid door additie van methanol aan een niet-cyclische verbinding.

3p 2 ☐ Geef de structuurformule van die verbinding.

Opgave 2

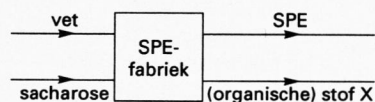
In veel voedingsmiddelen komen vetten voor. Vetten hebben een hoge voedingswaarde. Om de voedingswaarde van voedingsmiddelen te verlagen wordt vaak een deel van het vet vervangen door een stof met geen of minder voedingswaarde. Men spreekt dan van een vet vervanger.

Een voorbeeld van een vet vervanger is sacharosepolyester (SPE).

SPE wordt gemaakt uit de grondstoffen vet en sacharose (suiker). Vet bestaat uit esters. In een SPE-fabriek worden die esters eerst volledig gehydrolyseerd. Vervolgens worden in de fabriek de vrijgekomen vetzuren in overmaat aan sacharose toegevoegd. De sacharose wordt hierdoor volledig veresterd. De overgebleven vetzuren worden binnen de fabriek gerecirculeerd.

De productie van SPE is weergegeven in onderstaand schema. In dit schema is alleen aangegeven welke uitgangsstoffen de fabriek in komen en welke reactieproducten uiteindelijk de fabriek verlaten.

schema



4p 3 ☐ Geef een naam en de structuurformule van stof X.

Mede aan de hand van de molekuulmassa van sacharose (342 u) en de gemiddelde molekuulmassa van de vetzuren die met sacharose reageren (272 u) kan berekend worden hoeveel kg SPE maximaal gemaakt kan worden uitgaande van 1,00 kg sacharose.

4p 4 ☐ Geef deze berekening. Gebruik daarbij ook Binas tabel 67a.

Vetten worden in het lichaam afgebroken. Uiteindelijk ontstaan daarbij CO_2 en H_2O .

De afbraak van vetten in het lichaam kan als volgt worden beschreven:

- Eerst worden de esters gehydrolyseerd.
- Vervolgens worden de hydrolyseproducten via een aantal reacties omgezet in CO_2 en H_2O .

Ook SPE is een ester. SPE wordt in het lichaam echter niet omgezet in CO_2 en H_2O . Een leerling bedenkt hiervoor twee mogelijke verklaringen.

Verklaring 1: SPE wordt in het lichaam niet gehydrolyseerd.

Verklaring 2: SPE wordt in het lichaam wel gehydrolyseerd maar de hydrolyseproducten worden in het lichaam niet omgezet in CO_2 en H_2O .

Verklaring 2 is echter onwaarschijnlijk.

- 3p 5 ☐ Leg uit waarom het onwaarschijnlijk is dat de hydrolyseproducten van SPE in het lichaam niet zouden worden omgezet in CO_2 en H_2O .

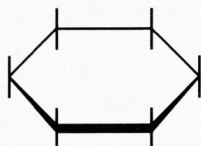
Verklaring 1 is juist. SPE wordt in het lichaam niet gehydrolyseerd omdat daarvoor een bepaalde soort stof in het lichaam ontbreekt.

- 2p 6 ☐ Geef de naam van de soort stof die in het lichaam voor zou moeten komen om hydrolyse van SPE mogelijk te maken.

Opgave 3

Cyclohexaan is een koolwaterstof die onder andere wordt toegepast als apolair oplosmiddel.

Door reactie van cyclohexaan met chloor ontstaan diverse substitutieproducten. Hoewel de ringstructuur van een cyclohexaanmolecuul niet vlak is, kunnen de verschillende substitutieproducten goed beschreven worden door toch een vlakke ringstructuur aan te nemen:

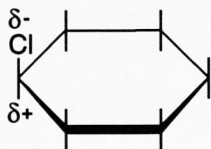


In deze weergave wordt aangenomen dat van de twaalf H atomen zich zes boven en zes onder het vlak van de zesring bevinden.

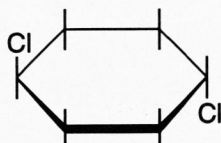
Door vervanging van één H atoom door een Cl atoom ontstaat een molecuul monochloorcyclohexaan.

De molekulen van monochloorcyclohexaan zijn dipoolmolekulen.

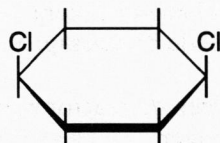
Op grond van verschillen in elektronegativiteit van de atomen Cl, C en H kan men de ladingsverdeling in een molecuul monochloorcyclohexaan als volgt aangeven:



Door in een cyclohexaanmolecuul twee H atomen te vervangen door Cl atomen kan een molecuul 1,4-dichloorcyclohexaan ontstaan. Omdat door de ringstructuur geen volledige draaiing mogelijk is om de C-C bindingen, kunnen twee stereo-isomeren van 1,4-dichloorcyclohexaan onderscheiden worden:



trans-1,4-dichloorcyclohexaan

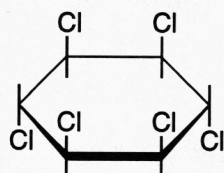


cis-1,4-dichloorcyclohexaan

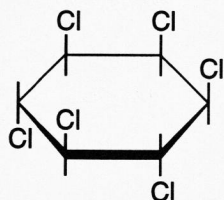
Van één van deze twee stereo-isomeren zijn de molekulen dipoolmolekulen.

- 4p 7 ☐ Leg uit van welke van deze stereo-isomeren de molekulen dipoolmolekulen zijn.

Door in een cyclohexaanmolekuul aan elk C atoom één van de twee H atomen te vervangen door een Cl atoom, ontstaat een molekuul 1,2,3,4,5,6-hexachloorcyclohexaan. Van 1,2,3,4,5,6-hexachloorcyclohexaan bestaan verscheidene stereo-isomeren. Eén daarvan is het insecticide lindaan:

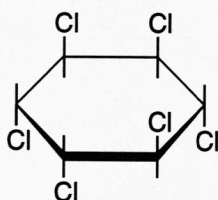


Twee andere voorbeelden van stereo-isomeren van 1,2,3,4,5,6-hexachloorcyclohexaan zijn:



stof A

en



stof B

Eén van de stoffen A en B is optisch actief. Van deze stof bestaat dus een spiegelbeeldisomeer. Van de andere stof (de niet optisch actieve) bestaat geen spiegelbeeldisomeer. Dit hangt samen met het feit dat in de molekulen van die stof een vlak van symmetrie is te vinden. Dit vlak staat loodrecht op het vlak van de ring en snijdt het vlak van de ring volgens een bepaalde lijn.

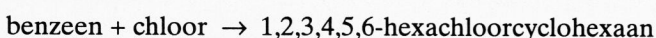
- 3p **8** ☐ Neem de structuurformule van de *niet* optisch actieve stof (A of B) over en geef daarin de bedoelde snijlijn aan.

Van 1,2,3,4,5,6-hexachloorcyclohexaan bestaan naast de vier al genoemde stereo-isomeren (dus met inbegrip van het spiegelbeeldisomeer) nog andere stereo-isomeren. Onder deze andere stereo-isomeren zijn geen spiegelbeeldisomeren.

- 5p **9** ☐ Geef de structuren van die andere stereo-isomeren op eenzelfde wijze weer als de bovengenoemde voorbeelden.

Bij de industriële bereiding van lindaan wordt niet uitgegaan van cyclohexaan maar van benzeen.

Onder invloed van ultraviolet licht wordt benzeen omgezet volgens:



De bereiding kan plaatsvinden via een batchproces, waarbij in één procesgang 300 kg lindaan bereid wordt.

Daartoe wordt een reactor gevuld met benzeen. Terwijl de vloeistof bestraald wordt met ultraviolet licht, wordt net zo lang chloor ingeleid tot het reactiemengsel bestaat uit 20 massaprocent 1,2,3,4,5,6-hexachloorcyclohexanen. De overige 80% is benzeen; dit dient als oplosmiddel.

Na aftappen van de reactor wordt uit het reactiemengsel het benzeen afgescheiden. Het overgebleven mengsel blijkt voor 15 massaprocent uit lindaan te bestaan. De overige stereo-isomeren vormen de resterende 85 massaprocent.

- 5p **10** ☐ Bereken met hoeveel kg benzeen men de reactor moet vullen om in de boven beschreven procesgang 300 kg lindaan te verkrijgen.

Opgave 4

Natriumtetrahydroboraat (NaBH_4) is een zout dat in oplossing in Na^+ en BH_4^- geïoniseerd is.

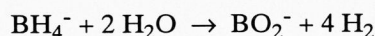
Oplossingen van natriumtetrahydroboraat worden onder andere gebruikt bij het terugwinnen van zilver uit oplossingen die ontstaan bij het ontwikkelen van fotografische films.

Hierbij wordt Ag^+ eerst neergeslagen als AgCl . Daarna wordt een basisch gemaakte oplossing van natriumtetrahydroboraat toegevoegd. Er treedt daarbij een redoxreactie op tussen het zilverchloride en de basische oplossing van natriumtetrahydroboraat, waarbij vast zilver wordt gevormd; de BH_4^- ionen worden omgezet in BO_2^- ionen.

- 6p **11** ☐ Geef van deze reactie de vergelijkingen van de beide halfreacties en leid daaruit de vergelijking van de totale reactie af.

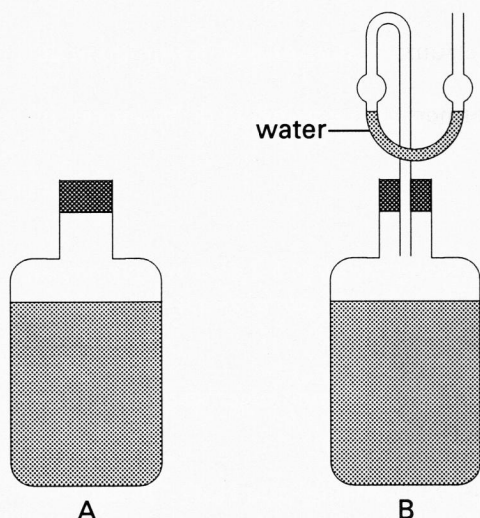
Tetrahydroboraat is een sterke reductor en reageert onder andere met zuurstof. Een oplossing van natriumtetrahydroboraat moet daarom afgesloten van de lucht worden bewaard.

In een oplossing van natriumtetrahydroboraat treedt ook hydrolyse op:



Als men een (basische) oplossing van natriumtetrahydroboraat in een fles bewaart, sluit men de fles niet af op de manier zoals hieronder bij A is weergegeven maar op de manier, zoals weergegeven bij B.

fles



- 4p **12** ☐ Leg uit waarom men de fles met de oplossing van natriumtetrahydroboraat niet afsluit volgens de manier, zoals weergegeven bij A maar volgens de manier, zoals weergegeven bij B.

Door de hydrolyse is een oplossing van natriumtetrahydroboraat slechts beperkt houdbaar.

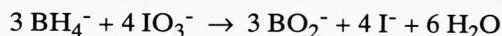
Men heeft onderzoek gedaan naar de hydrolysesnelheid van een 0,11 M oplossing van natriumtetrahydroboraat van $\text{pH} = 13$. Bij 24°C bleek de hydrolysesnelheid in deze oplossing $1,8 \cdot 10^{-6}$ mol BH_4^- per minuut per liter oplossing te zijn.

Men maakt een 0,11 M oplossing van natriumtetrahydroboraat van $\text{pH} = 13$ en bewaart deze oplossing één etmaal bij 24°C .

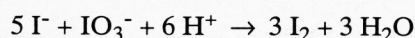
- 4p **13** ☐ Bereken met hoeveel procent van de oorspronkelijke concentratie de BH_4^- concentratie in deze oplossing in die tijd is afgenomen. Neem aan dat de hydrolysesnelheid gedurende het etmaal constant is.

Om de concentratie van BH_4^- te bepalen in een basische oplossing van natriumtetrahydroboraat die al enige tijd had gestaan, gebruikte men de volgende methode.

Aan 10,0 ml van een basische oplossing van natriumtetrahydroboraat werd 25,0 ml van een 0,0602 M kaliumjodaat(KIO_3)-oplossing toegevoegd. De toegevoegde hoeveelheid kaliumjodaat was een overmaat. Tetrahydroboraat reageert als volgt met jodaat:



Om te bepalen hoeveel jodaat na deze reactie was overgebleven voegde men een overmaat kaliumjodide in oplossing toe en werd de oplossing aangezuurd. In zuur milieu reageert jodide als volgt met jodaat:



Het aldus ontstane jood werd getitreerd met een 0,0978 M oplossing van natriumthiosulfaat; hiervan was 14,5 ml nodig.

- 6p **14** ☐ Bereken de concentratie van BH_4^- (in mol l^{-1}) in de oplossing van natriumtetrahydroboraat.

Opgave 5

De gassen SO_2 , NO en NO_2 behoren tot de stoffen die een verzurende werking op het milieu hebben.

Zwavedioxide wordt in de lucht omgezet in zwavelzuur; de stikstofoxiden worden in de lucht omgezet in salpeterzuur.

De ontstane zuren komen via regen (en andere vormen van neerslag) in de bodem en in het oppervlaktewater terecht.

In een artikel komt de volgende passage voor.

artikel *De jaargemiddelde nitraatconcentratie van het regenwater bedraagt $3,2 \text{ g/m}^3$ regenwater en de sulfaatconcentratie $5,7 \text{ g/m}^3$. In 1990-1991 had het regenwater een over het jaar gemiddelde pH-waarde van 4,2.*

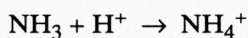
Het sulfaat waarvan in het artikel sprake is, komt in het genoemde regenwater vrijwel alleen voor als SO_4^{2-} en slechts in geringe mate als HSO_4^- .

- 4p **15** ☐ Bereken de verhouding tussen het aantal mol SO_4^{2-} en het aantal mol HSO_4^- in het genoemde regenwater (298 K).

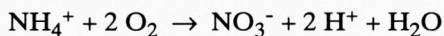
Uit de gegevens, vermeld in het artikel, kan men afleiden of het regenwater ook andere positieve ionen dan H^+ moet bevatten.

- 5p **16** ☐ Laat door berekening zien of het genoemde regenwater ook andere positieve ionen dan H^+ moet bevatten.

Behalve de uitstoot van SO_2 , NO en NO_2 heeft ook de uitstoot van NH_3 een verzurende invloed op het milieu. Uit onderzoek is gebleken dat NH_3 eerst wordt omgezet in NH_4^+ :



Onder invloed van bacteriën treedt vervolgens in de bodem de volgende reactie op:



Hoe groot in 1980 in Nederland de uitstoot van de genoemde gassen was, staat in onderstaande tabel.

tabel

NH_3	$7,7 \cdot 10^9$ mol
$\text{NO} + \text{NO}_2$ (tezamen)	$1,3 \cdot 10^{10}$ mol
SO_2	$1,5 \cdot 10^{10}$ mol

Deze hoeveelheden vertegenwoordigen een bepaalde ' H^+ uitstoot'. Hierbij wordt er van uitgegaan dat NH_3 , NO en NO_2 volledig worden omgezet in H^+ en NO_3^- en dat SO_2 volledig wordt omgezet in H^+ en SO_4^{2-} . Voor berekening van de ' H^+ uitstoot' maakt het niet uit of deze omzettingen in de bodem of in de lucht plaatsvinden.

Men heeft vastgesteld dat in 1980 de ' H^+ neerslag' in Nederland gemiddeld 0,58 mol per m^2 was. Ook hierbij wordt uitgegaan van volledige ionisatie.

Nederland heeft een oppervlakte van $4,1 \cdot 10^{10} \text{ m}^2$.

Als deze gegevens met elkaar worden vergeleken blijkt de ' H^+ neerslag' duidelijk te verschillen van de ' H^+ uitstoot' in Nederland in 1980.

- 4p **17** ☐ Bereken de ' H^+ uitstoot' in mol H^+ in dat jaar.
1p **18** ☐ Laat met een berekening zien wat in 1980 groter was: de ' H^+ neerslag' of de ' H^+ uitstoot'.

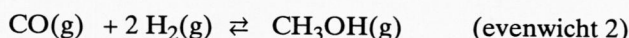
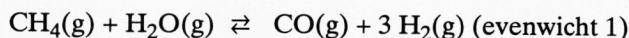
In Nederland is de ' H^+ neerslag' elk jaar ongelijk aan de ' H^+ uitstoot'.

- 2p **19** ☐ Geef hiervoor een mogelijke verklaring.

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

Opgave 6

Methanol kan uit water en methaan worden bereid in een continu proces. In dit proces verloopt de omzetting in methanol via twee evenwichtsreacties:



Van evenwicht 1 is de reactie naar rechts endotherm.

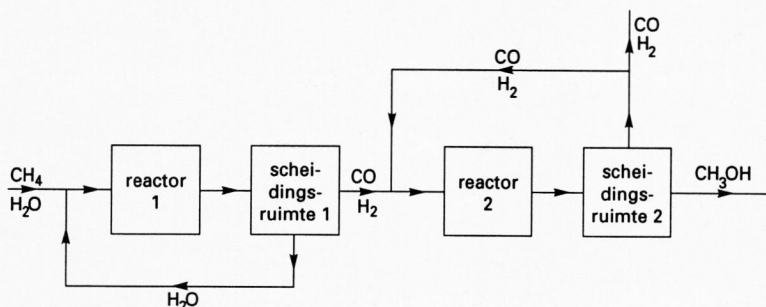
Van evenwicht 2 is de reactie naar rechts exotherm.

- 4p **20** ☐ Bereken onder andere met behulp van gegevens uit Binas tabel 57 de enthalpieverandering ΔH van de reactie $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{CO}(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g})$ in joule per $\text{m}^3 \text{CH}_4$ (298 K, $p = p_0$).

Het proces is in onderstaand blokschema weergegeven. In reactor 1 kiest men zodanige omstandigheden dat het ingeleide CH_4 volledig met H_2O wordt omgezet in CO en H_2 : evenwicht 1 is daar dus aflopend naar rechts. Eén van de hulpmiddelen die men toepast om in reactor 1 evenwicht 1 volledig naar rechts te laten aflopen, is het gebruik van een overmaat H_2O .

In reactor 2 zijn de omstandigheden zodanig gekozen dat evenwicht 2 zich instelt: het ingeleide CO en H_2 wordt gedeeltelijk omgezet in CH_3OH .

blokschema



Bij het proces dat in reactor 2 optreedt, worden de volgende doelen nagestreefd.

Doel a: Van het ingeleide CO en H_2 moet in de reactor een zo hoog mogelijk percentage omgezet worden in CH_3OH .

Doel b: De omzetting moet in een zo kort mogelijke tijd plaatsvinden.

- 4p **21** ☐ Leg voor elk van de doelen a en b uit welke invloed een hoge temperatuur heeft op het bereiken van die doelen: een positieve invloed, geen invloed of een negatieve invloed.
- 4p **22** ☐ Leg voor elk van de doelen a en b uit welke invloed een hoge druk heeft op het bereiken van die doelen: een positieve invloed, geen invloed of een negatieve invloed.

Het CO en H_2 dat in reactor 2 niet wordt omgezet, wordt slechts voor een deel gerecirculeerd. Als men het niet omgezette CO en H_2 volledig zou recirculeren, zou de druk in reactor 2 en scheidingsruimte 2 voortdurend stijgen.

- 5p **23** ☐ Leg uit hoe het komt dat in dat geval de druk zou stijgen.

Einde