

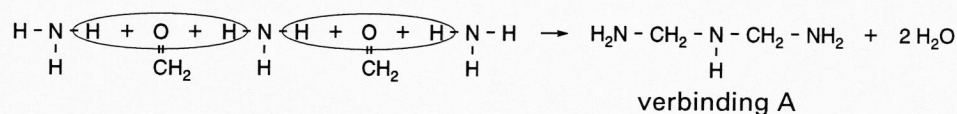
**Dit examen bestaat uit 22 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel
punten met een goed antwoord behaald kunnen
worden.**

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

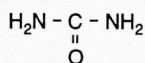
Opgave 1

Van sommige spaanplaten komt methanalgas af. Dit kan men tegengaan door de spaanplaten te behandelen met ammoniak. Ammoniak kan als volgt reageren met methanal:



3p 1 ☐ Geef de elektronenformule van verbinding A.

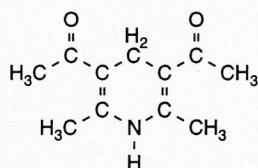
Het methanalgas dat van de spaanplaten komt, is afkomstig uit de lijm die bij het maken van de spaanplaten is gebruikt. Deze lijm bevat een polymeer dat gemaakt wordt uit ureum en methanal. Ureum heeft de volgende structuurformule:



Ureum en methanal reageren met elkaar op soortgelijke wijze als ammoniak en methanal in de boven weergegeven reactievergelijking. De molekulen van het polymeer in de lijm zijn gevormd uit ureum-eenheden en methanal-eenheden die steeds om en om aan elkaar gekoppeld zijn. Bij de polymerisatie blijven de C = O groepen van de ureummolekulen intact.

4p 2 ☐ Geef van het polymeer in de lijm een gedeelte uit het midden van een polymeermolekuul in structuurformule weer. Dit gedeelte dient opgebouwd te zijn uit twee ureum-eenheden en twee methanal-eenheden.

In ruimten met wanden van spaanplaatmateriaal kan methanal in de lucht aanwezig zijn. Een te hoog gehalte aan methanal in de lucht kan schadelijk zijn voor de gezondheid. Het gehalte aan methanal kan bepaald worden door een spectrofotometrische meting van de concentratie van het reactieproduct dat ontstaat bij de reactie tussen methanal, ammoniak en 2,4-pentaandion. Bij deze reactie ontstaan uitsluitend water en een verbinding B. Verbinding B heeft de volgende structuurformule:



verbinding B

Uit 1 mol methanal dat reageert, ontstaat bij deze reactie 1 mol van verbinding B.

4p 3 ☐ Geef de vergelijking van deze reactie. Geef 2,4-pentaandion daarbij in een structuurformule weer. Het organische reactieproduct mag als 'verbinding B' in de reactievergelijking genoteerd worden.

Een voorbeeld van een bepaling van methanal is hieronder beschreven.
 Men liet 150 dm^3 lucht van $p = p_0$ en $T = 298 \text{ K}$ uit een ruimte met wanden van spaanplaatmateriaal door een hoeveelheid water borrelen. Men mag aannemen dat alle methanal uit deze lucht daarbij in het water oploste.
 Men voegde aan de ontstane oplossing zoveel van een oplossing van ammoniak en van 2,4-pentaandion toe totdat het totale volume van de oplossing $90,0 \text{ ml}$ was. Hierbij werd methanal volledig omgezet in verbinding B. Verbinding B bleef volledig in oplossing. Men bepaalde vervolgens de extinctie E van de verkregen oplossing bij een golflengte van 412 nm . De extinctiecoëfficiënt ϵ van verbinding B bij 412 nm bedraagt $7,45 \cdot 10^3 \text{ l mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$. Er werd een cuvet gebruikt waarin het licht een weg van $1,00 \text{ cm}$ door de oplossing aflegde. Men mag aannemen dat alleen verbinding B licht van 412 nm absorbeert. De gemeten extinctie E was $7,5 \cdot 10^{-2}$.
 Het maximaal toelaatbare gehalte aan methanal in lucht is door de 'World Health Organisation' (WHO) vastgesteld op $8,0 \cdot 10^{-6}$ volumepercent.

- 5p 4 ☐ Laat met een berekening zien of de onderzochte lucht aan deze veiligheidseis van de WHO voldoet. Maak hierbij onder andere gebruik van een gegeven uit Binas tabel 7.

Opgave 2

Een tandarts kan voor het vullen van gaatjes in het gebit een zogenoemd amalgaam gebruiken. Zo'n amalgaam kan bereid worden door zuiver kwik te mengen met een mengsel van zilver en één of meer andere metalen (bijvoorbeeld tin). Eén van de redenen voor het gebruik van zilver in amalgamen is dat de corrosiegevoeligheid van zo'n amalgaam gering is. Vroeger werd als eis gesteld dat in het mengsel van metalen, waarmee het kwik gemengd werd, minstens de helft van het aantal atomen uit zilveratomen moest bestaan.

- 4p 5 ☐ Bereken voor een mengsel van alleen zilver en tin hoe groot het massapercentage zilver (afgerond op een geheel getal) minstens moet zijn om aan de eis te voldoen dat minstens de helft van het aantal atomen uit zilveratomen bestaat.

Als een amalgaamvulling (met daarin behalve kwik bijvoorbeeld zilver en tin) naast een gouden kroon zit en daarmee in contact is, kan aantasting van het amalgaam optreden. Mede door de aanwezigheid van speeksel is namelijk een elektrochemische cel ontstaan. Aan het oppervlak van het goud treedt een halfreactie op waarin onder andere zuurstof die in het speeksel is opgelost, betrokken is.

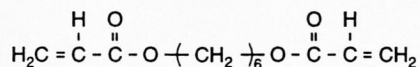
- 4p 6 ☐ Geef de vergelijking van de halfreactie die dan aan het oppervlak van de gouden kroon optreedt. Neem hierbij aan dat de pH van het speeksel tijdens de reactie lager dan 7 is.

Als gevolg van de werking als elektrochemische cel wordt het oppervlak van de amalgaamvulling naast de gouden kroon ruw: er ontstaan gaatjes in de vulling. Dit komt door het reageren van één of meer van de metalen uit het amalgaam. Welk metaal (of welke metalen) daarbij reageert (reageren), hangt af van de samenstelling van het amalgaam. Deze samenstelling moet in elk geval zodanig zijn dat geen kwik kan reageren. Men vergelijkt twee amalgamen (1 en 2) met elkaar.
 Amalgaam 1 bevat behalve kwik alleen zilver en tin.
 Amalgaam 2 bevat behalve kwik alleen zilver.
 Als men alleen rekening houdt met gegevens in Binas mag men verwachten dat bij een vulling van amalgaam 1 in contact met een gouden kroon het gevaar dat kwik reageert kleiner is dan bij een vulling van amalgaam 2 in contact met een gouden kroon.

- 4p 7 ☐ Leg met behulp van getalwaarden in Binas uit dat men mag verwachten dat het gevaar dat kwik reageert, in het eerste geval kleiner is dan in het tweede geval. Betrek in de uitleg alle drie metalen met bijbehorende getalwaarden.

Opgave 3

Een compact disc (CD) bestaat voor een groot deel uit een polymeer. Bij de bereiding van dit polymeer wordt een monomeer gebruikt met de volgende structuurformule:



Dit monomeer is een di-ester.

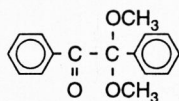
Men kan de naam van een ester omschrijven. Zo kan men ethylethanoaat omschrijven als de ester van ethaanzuur en ethanol. Op dezelfde manier kan men de naam van het bovengenoemde monomeer omschrijven als de di-ester van twee verbindingen.

- 5p **8** ☐ Geef de systematische namen van die twee verbindingen.

Het bovengenoemde monomeer wordt verder in deze opgave als volgt weergegeven:



Voor de bereiding van het polymeer is, behalve het genoemde monomeer, ook een initiator nodig. De structuurformule van een initiator die daarvoor gebruikt wordt, is:

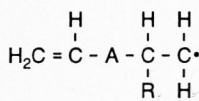


Bij de bereiding van het polymeer wordt een mengsel van het monomeer en de initiator bestraald met ultraviolette straling (UV-straling). De initiator is gevoelig voor UV-straling; het monomeer is daar niet gevoelig voor.

Door de UV-straling worden initiator-molekulen in radicalen gesplitst: de initiatiestap. In een molecuul van de bovengenoemde initiator wordt dan de middelste C – C binding verbroken. Vervolgens ontstaat via een serie van opeenvolgende propagatiestappen een polymeernetwerk.

Bij de eerste propagatiestap hecht een radicaal, afkomstig van de initiatiestap, zich aan een C atoom van een C = C groep in een $\text{C}_2\text{H}_3-\text{A}-\text{C}_2\text{H}_3$ molecuul. Daarbij kunnen verschillende soorten $\text{C}_2\text{H}_3-\text{A}-\text{C}_2\text{H}_3\text{R}\cdot$ radicalen ontstaan; hierin is R een deel van het boven weergegeven initiator-molecuul.

De structuurformule van één van die $\text{C}_2\text{H}_3-\text{A}-\text{C}_2\text{H}_3\text{R}\cdot$ radicalen kan als volgt worden weergegeven:



- 6p **9** ☐ Leg uit hoeveel verschillende soorten $\text{C}_2\text{H}_3-\text{A}-\text{C}_2\text{H}_3\text{R}\cdot$ radicalen bij de eerste propagatiestap kunnen ontstaan. Let hierbij onder andere op:
- het feit dat R een aanduiding is voor verschillende groepen;
 - de eventuele mogelijkheid van stereo-isomeren.

Bij elke propagatiestap wordt telkens één dubbele binding tussen twee C atomen vervangen door een enkele binding, terwijl een nieuwe enkele binding tussen twee C atomen wordt gevormd.

Bij de tweede propagatiestap kan uit een $\text{C}_2\text{H}_3-\text{A}-\text{C}_2\text{H}_3\text{R}\cdot$ radicaal en een $\text{C}_2\text{H}_3-\text{A}-\text{C}_2\text{H}_3$ molecuul een deeltje met de formule $\text{C}_8\text{H}_{12}\text{A}_2\text{R}\cdot$ ontstaan.

- 4p **10** ☐ Geef een mogelijke structuurformule van een $\text{C}_8\text{H}_{12}\text{A}_2\text{R}\cdot$ deeltje dat bij de tweede propagatiestap kan ontstaan. Laat A en R in die structuurformule staan.

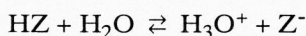
Voor de produktie van CD's is het van belang dat een hard polymeer met een zeer fijnmazig netwerk ontstaat. De fijnmazigheid van het netwerk is afhankelijk van het percentage C = C groepen dat bij de polymerisatie heeft gereageerd. Dit percentage kan worden vastgesteld door de hoeveelheid warmte te bepalen die tijdens de polymerisatie is vrijgekomen.

Bij zo'n bepaling werd een mengsel van 1,0 mol van het genoemde monomeer en een kleine hoeveelheid initiator bestraald met UV-straling. Er trad polymerisatie op. Tijdens de polymerisatie werd de enthalpieverandering bepaald. Deze bleek $-1,4 \cdot 10^5$ J te zijn ($p = p_0$, $T = 298$ K). Men mag bij benadering aannemen dat deze enthalpieverandering uitsluitend veroorzaakt wordt door het verbreken en het vormen van bindingen tussen C atomen bij de propagatiestappen.

- 4p **11** ☐ Bereken met behulp van Binas tabel 58 de enthalpieverandering ΔH in joules ($T = 298$ K) als 1,0 mol van het monomeer $\text{C}_2\text{H}_3 - \text{A} - \text{C}_2\text{H}_3$ via de propagatiestappen zo zou reageren dat in het gevormde polymeernetwerk geen C = C groepen meer zouden voorkomen.
- 2p **12** ☐ Bereken hoeveel procent van de C = C groepen bij de beschreven bepaling na afloop van de polymerisatie heeft gereageerd.

Opgave 4

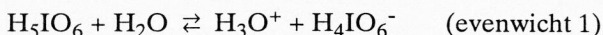
In een oplossing van een bepaald éénwaardig zuur HZ heeft zich het volgende evenwicht ingesteld:



Een $1,00 \cdot 10^{-2}$ M oplossing van HZ heeft een $\text{pH} = 2,12$.

- 4p 13 ☐ Bereken de zuurconstante K_z van dit zuur HZ.

In een oplossing van orthoperjoodzuur (H_5IO_6) heeft zich het volgende evenwicht ingesteld:



De zuurconstante K_z van orthoperjoodzuur is gelijk aan die van het bovengenoemde zuur HZ. De pH van een $1,00 \cdot 10^{-2}$ M oplossing van orthoperjoodzuur verschilt echter van 2,12. Men schrijft dit toe aan het feit dat zich in een oplossing van orthoperjoodzuur behalve het bovengenoemde evenwicht nog een ander evenwicht heeft ingesteld:



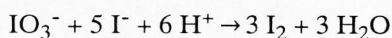
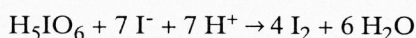
- 4p 14 ☐ Leg aan de hand van een evenwichtsbeschouwing uit of de pH van een $1,00 \cdot 10^{-2}$ M oplossing van orthoperjoodzuur hoger is dan 2,12 of lager is dan 2,12. Neem hierbij aan dat zich behalve de bovengenoemde evenwichten geen andere evenwichten hebben ingesteld.

Orthoperjoodzuur reageert in oplossing met glucose. Deze reactie verloopt snel en volledig. Men kan deze reactie toepassen bij de bepaling van het glucosegehalte van een oplossing. Een voorbeeld van zo'n bepaling is hieronder beschreven.

Aan 10,0 ml van een glucose-oplossing werd 20,0 ml $1,00 \cdot 10^{-2}$ M oplossing van orthoperjoodzuur toegevoegd. Het toegevoegde orthoperjoodzuur was een overmaat. Bij het samenvoegen trad de volgende reactie op:



Na afloop van de reactie werd, na aanzuren, een overmaat kaliumjodide in oplossing aan het mengsel toegevoegd. Zowel het overgebleven orthoperjoodzuur als het ontstane IO_3^- werden volledig omgezet; bij beide reacties ontstond jood:



Deze reacties zijn beide redoxreacties.

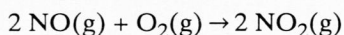
- 5p 15 ☐ Geef de vergelijkingen van twee halfreacties waaruit de vergelijking $\text{H}_5\text{IO}_6 + 7 \text{I}^- + 7 \text{H}^+ \rightarrow 4 \text{I}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$ afgeleid kan worden.

Het vrijgekomen jood werd getitreerd met een 0,1000 M natriumthiosulfaatoplossing. Uitgaande van het aantal ml natriumthiosulfaatoplossing dat nodig was voor het bereiken van het eindpunt van de titratie, werd berekend dat in de oorspronkelijke 10,0 ml oplossing $3,60 \cdot 10^{-2}$ mmol glucose zat.

- 6p 16 ☐ Bereken hoeveel ml 0,1000 M natriumthiosulfaatoplossing nodig was voor het bereiken van het eindpunt van de titratie.

Opgave 5

De vorming van stikstofdioxide uit stikstofmonooxide en zuurstof is een evenwichtsreactie die echter beneden 200 °C vrijwel aflopend is naar rechts:



- 3p 17 ☐ Bereken voor deze reactie de enthalpieverandering in joule per 2 mol NO_2 ($p = p_o$, $T = 298 \text{ K}$).

Gewoonlijk wordt de snelheid van een reactie kleiner als de temperatuur daalt. Dit is echter niet het geval bij de bovengenoemde reactie. Bij 20 °C is de reactiesnelheid groter dan bij 200 °C.

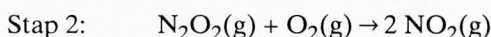
Om dit te kunnen verklaren, veronderstelt men dat bovengenoemde reactie in twee stappen verloopt. In de eerste stap wordt in een evenwichtsreactie distikstofdioxide gevormd:



Het evenwicht stelt zich zeer snel in.

Van dit evenwicht is de reactie naar rechts exotherm.

In de tweede stap reageert het ontstane distikstofdioxide met zuurstof:



Stap 2 is de snelheidsbepalende stap. Daarom is de reactiesnelheid s van de totale reactie $2 \text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{NO}_2(\text{g})$ evenredig met $[\text{N}_2\text{O}_2]$ en $[\text{O}_2]$:

$$s = k[\text{N}_2\text{O}_2][\text{O}_2]$$

In deze betrekking is k de zogenoemde reactiesnelheidsconstante van stap 2. De reactiesnelheidsconstante is afhankelijk van de temperatuur. Naarmate de temperatuur lager is, is k kleiner.

Men doet twee proeven.

Proef 1: In een ruimte, gevuld met lucht met een temperatuur van 20 °C, wordt een kleine hoeveelheid NO gebracht. Na 1 minuut wordt de reactiesnelheid s gemeten.

Proef 2: De proef wordt in dezelfde ruimte met een gelijke hoeveelheid lucht en een gelijke hoeveelheid NO herhaald, maar nu met lucht van 200 °C.

Ondanks het feit dat k bij 20 °C kleiner is dan bij 200 °C, blijkt de gemeten reactiesnelheid s bij 20 °C groter te zijn dan bij 200 °C.

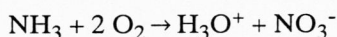
- 5p 18 ☐ Leg uitgaande van de betrekking $s = k[\text{N}_2\text{O}_2][\text{O}_2]$ uit hoe verklaard moet worden dat s bij 20 °C groter is dan bij 200 °C. Neem hierbij aan dat bij beide proeven $[\text{O}_2]$ tijdens de reactie niet meetbaar verandert. Betrek in de uitleg ook de verandering van k .

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

Opgave 6

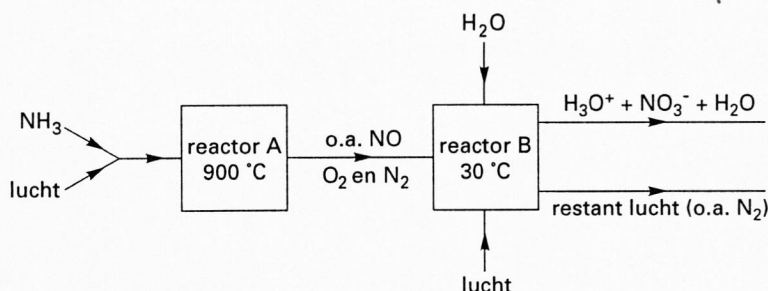
Salpeterzuur wordt in de industrie gemaakt volgens een continu proces uitgaande van de grondstoffen ammoniak en lucht.

De produktie van (opgelost) salpeterzuur komt neer op de volgende reactie:



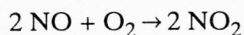
De produktie van (opgelost) salpeterzuur kan als volgt in een vereenvoudigd blokschema worden weergegeven:

blokschema



In reactor A wordt ammoniak bij 900 °C verbrand. Bij deze temperatuur kunnen in de reactor uitsluitend NO en H₂O ontstaan.

In reactor B treden bij 30 °C de volgende twee reacties op:



en



Deze reacties treden zodanig op dat in reactor B

- alle NO₂ die bij de eerste reactie ontstaat, doorreageert bij de tweede reactie;
- alle NO wordt omgezet.

- 4p **19** ☐ Leid uit de bovenstaande vergelijkingen van de reacties in reactor B één reactievergelijking af die weergeeft hoe in reactor B alle NO wordt omgezet zonder dat NO₂ overblijft.

In reactor A wordt een kleine overmaat lucht toegevoerd. In die reactor wordt alle ammoniak bij 900 °C omgezet.

In reactor B wordt opnieuw een hoeveelheid lucht toegevoerd. Deze extra hoeveelheid lucht is nodig om alle NO om te zetten.

Men zou kunnen overwegen om in de bestaande fabriek die extra hoeveelheid lucht niet in reactor B in te leiden, maar in plaats daarvan meteen in reactor A, zonder daarbij de druk in reactor A te veranderen. Aan deze methode zijn echter nadelen verbonden.

- 4p **20** ☐ Geef één van de nadelen van het inleiden van de extra hoeveelheid lucht in reactor A (zonder daarbij de druk in reactor A te veranderen) en geef aan waardoor dat nadeel wordt veroorzaakt.

In een salpeterzuurfabriek wordt in reactor A per minuut 10,0 m³ gasmengsel geleid, bestaande uit 12,0 volumeprocent ammoniak en 88,0 volumeprocent lucht.

Bij de volgende vragen mag worden aangenomen dat:

- de volumina van de gassen worden gemeten bij dezelfde druk en temperatuur;
- lucht 20,9 volumeprocent zuurstof bevat.

- 2p **21** ☐ Bereken met behulp van de vergelijking $\text{NH}_3 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{NO}_3^-$ het totale aantal m³ zuurstof dat in deze fabriek per minuut nodig is om juist alle ammoniak om te zetten.

- 4p **22** ☐ Bereken hoeveel m³ lucht men dan per minuut tenminste in reactor B moet toevoeren om een zo hoog mogelijke opbrengst aan (opgelost) salpeterzuur te krijgen.

Einde