

James Boswell Examen Scheikunde VWO

Datum:	voorbeeldexamen
Tijd:	13:00 – 16:00 uur
Aantal vragen:	5
Aantal subvragen:	29
Aantal uitwerkbijlagen	2 (in te leveren)
Totaal aantal punten:	77

- Vermeld op ieder vel dat je inlevert je naam.
- Laat bij iedere opgave door middel van een beredenering en/of berekening zien hoe het antwoord is verkregen. Aan een antwoord zonder toelichting worden geen punten toegekend.
- Schrijf goed leesbaar met inkt. Het gebruik van tipp-ex e.d. of het schrijven met potlood is niet toegestaan. Gebruik uitsluitend een potlood voor het maken van een tekening.
- Toegestane hulpmiddelen:
 - Binas 5^e druk of Binas 6^e druk, geef aan welke versie je hebt gebruikt.
 - Rekenmachine
 - Tekenmateriaal.

Opgave 1: Methanal

De stof methanal (voorheen formaldehyde genoemd) lijkt een zeer eenvoudige stof, maar is dat chemisch gezien absoluut niet.

2p a. Geef de structuurformule van de stof methanal.

In gasfase komt methanal voor als het molecuul zoals je dit bij vraag a. hebt aangegeven. Dan is de stof gecategoriseerd als irriterend, wat betekent dat het tijdelijke schade aan de huid kan veroorzaken, en dat het permanente schade aan de luchtwegen en ogen kan veroorzaken omdat deze gevoeliger zijn.

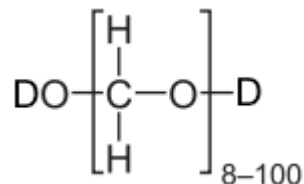
In vloeibare fase vormt methanal echter allerlei complexe structuren. Eén daarvan is de cyclische verbinding genaamd 1,3,5-trioxaan met formule $(\text{CH}_2\text{O})_3$.

3p b. Geef de structuurformule van 1,3,5-trioxaan, waarbij drie methanal moleculen een cyclisch trimeer vormen met molecuulformule $(\text{CH}_2\text{O})_3$. Bij de vorming van 1,3,5-trioxaan ontstaan geen andere producten.

Als er een kleine hoeveelheid water aanwezig is wordt het polymeer van methanal gevormd, genaamd paraformaldehyde. Afhankelijk van de hoeveelheid water, worden ketens gevormd van 8 tot 100 methanal moleculen aan elkaar. Het watermolecuul wordt hierbij gebruikt om de polymeerketen af te sluiten.

Ellen wilt de gemiddelde polymerisatiegraad experimenteel bepalen. Hiertoe maakt ze een monster met daarin methanal en een kleine hoeveelheid gedeutereerd water (D_2O), waardoor gedeutereerd paraformaldehyde ontstaat.

De structuurformule van gedeutereerd paraformaldehyde is:



Dit monster meet ze vervolgens met een H-NMR instrument. Hieruit leidt Ellen af dat de gemiddelde molecuulmassa van het polymeer 440,4 g/mol is.

1p c. Leg uit wat wordt bedoeld met de gemiddelde molecuulmassa van een polymeer.

4p d. Bereken de gemiddelde polymerisatiegraad van het paraformaldehyde monster. Maak hierbij gebruik van het feit dat het atoom D staat voor deuterium, oftewel ^2H .

Bij hogere hoeveelheden water vallen de polymeermoleculen weer uit elkaar en vormen een oplossing van methanal in water die bekend staat als "formaline", of ook wel "sterk water".

In de biologie wordt deze oplossing gebruikt om organismen te conserveren.

Formaline is een verzadigde oplossing van methanal in water. Formaline bevat 40 volume-% methanal, en de rest water. Formaline heeft een dichtheid van 0,815 kg/L.

4p e. Bereken de massa methanal in 1,0 L formaline.

Vraag gaat verder op de volgende bladzijde

Formaline voorkomt de afbraak van organisch materiaal door de enzymatische activiteit van bacteriële enzymen te onderdrukken. Methanal doet dit door vrije NH₂-groepen in de aminozuren van bacteriële enzymen te binden.

- 3p f. Geef de drielettercodes van twee aminozuren waarbij methanal deze binding zou kunnen aangaan. Gebruik hierbij Binas tabel 67H.

In deze reactie worden twee NH₂-groepen gebonden met methanal onder de afsplitsing van een molecuul water. Deze reactie is hieronder weergegeven.



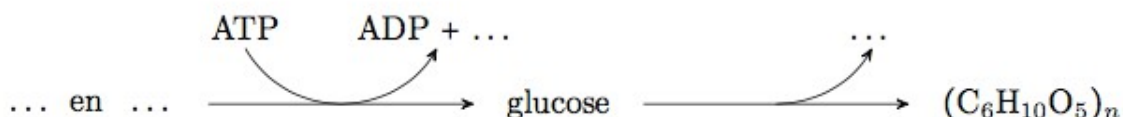
- 2p g. Teken de ontbrekende structuurformule rechts van de reactiepijl.

Opgave 2: Akzo Nobel

Akzo Nobel is een van origine Nederlandse multinational dat verf en coatings produceert, met daarnaast specialistische chemicaliën. Het bedrijf werd gevormd in 1994 door overname van Nobel Industries door het Nederlandse bedrijf Akzo. Nobel Industries maakte toen onder meer hulpchemicaliën voor de papierindustrie.

Papier bestaat hoofdzakelijk uit cellulose, dat in meerdere stappen gevormd wordt in planten.

Hieronder is een incompleet reactieschema afgebeeld. De eerste stap duidt op de fotosynthese en de tweede stap duidt op de synthese van cellulose door planten. Het eindproduct cellulose is hierin weergegeven met molecuulformule (C₆H₁₀O₅)_n.



Dit reactieschema staat uitvergroot op de uitwerkbijlage.

- 2p a. Maak dit reactieschema op de uitwerkbijlage compleet. Hierbij is het niet nodig de reactiecoëfficiënten te noteren.

Bij het recyclen van papier wordt het oud papier eerst ontkleurd en vervolgens gebleekt, om daarna weer als wit papier verkocht te kunnen worden. De reactie die bij het ontkleuren wordt uitgevoerd is een redoxreactie waarbij het dithioniet-ion (S₂O₄²⁻) als reductor reageert.

- 2p b. Wat is het oxidatiegetal van zwavel in het dithioniet-ion? Laat een berekening zien.
- 4p c. Het dithioniet-ion kan zowel als reductor **en** als oxidator optreden. Bij de reactie van dithioniet als reductor ontstaat monowaterstofsulfiet, en bij de reactie van dithioniet als oxidator ontstaat thiosulfaat. Geef beide halfreacties van dithioniet in een basisch milieu. Noteer je antwoord hierbij als volgt:

- *Het dithioniet-ion als oxidator in basisch milieu geeft de halfreactie:*
- *Het dithioniet-ion als reductor in basisch milieu geeft de halfreactie:*

Na cellulose is lignine het meest voorkomende organische materiaal op aarde. De sterkte van hout is het resultaat van het composietmateriaal dat gevormd wordt door de interactie tussen cellulose en lignine, waarbij lignine zich als bundels om de cellulosemoleculen heen vormt.

Vroeger werd chloor als oxidator gebruikt om lignine af te breken en de houtvezels te bleken, maar hierbij bleken zeer giftige organochloor verbindingen vrij te komen. Deze verbindingen binden aan een zogenaamde transcriptiefactor, wat ervoor zorgt dat een bepaald stukje op het DNA extra vaak door het enzym RNA polymerase middels transcriptie wordt afgelezen.

2p d. Leg uit dat, en hoe, dit verregaande gevolgen kan hebben voor de dierlijke cel.

Tegenwoordig wordt een oplossing van natriumsulfide in verdund waterstofperoxide gebruikt voor het bleken van oud papier. Waterstofperoxide is een zwak zuur dat in water het volgende evenwicht vormt: $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HOO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$

Het HOO^- anion reageert nauwelijks met cellulose, maar het reageert wel met de carbonyl groepen van lignine en andere organische verbindingen die een verkleuring veroorzaken, waardoor deze stoffen kleurloos worden.

3p e. Leg aan de hand van de bovenstaande reactie uit wat de functie is van het toegevoegde natriumsulfide. Gebruik hierbij een gegeven over waterstofperoxide uit Binas 49.

In cellulosemoleculen komen veel OH-groepen voor. Daardoor vormen cellulosemoleculen onderling waterstofbruggen. Maar niet alle OH-groepen in de cellulosemoleculen zijn betrokken bij de vorming van onderlinge waterstofbruggen. Een gedeelte is betrokken bij het vormen van waterstofbruggen met water.

Na drogen bevat een bepaalde papiersoort 9,0 massaprocent water.

4p f. Bereken het gemiddeld aantal watermoleculen dat in 100 g van deze papiersoort per OH-groep aan de cellulosemoleculen gebonden is. Ga er bij deze berekening vanuit dat cellulose per monomeereenheid 3 OH-groepen bevat.

Opgave 3: Aniline

Aniline is een aromatische verbinding met systematische naam benzeenamine.

2p a. Geef de structuurformule van aniline.

Net als andere amines heeft aniline een zeer onaangename geur. Het ruikt naar rotte vis. Aniline is wel een stof die een grote rol speelt in de industriële chemie.

Aniline heeft een pK_b van 9.4.

1p b. Geef de evenwichtsreactie waaruit blijkt dat een aniline oplossing basisch is. Gebruik hierbij voor aniline de notatie R-NH_2 .

4p c. Bereken de pH van een 0,1 M oplossing van aniline.

Vraag gaat verder op de volgende bladzijde

Vergeleken met niet-aromatische amines is aniline veel minder basisch. Dit wordt veroorzaakt doordat het ongebonden elektronenpaar van de aminogroep gedelokaliseerd wordt in de benzeenring.

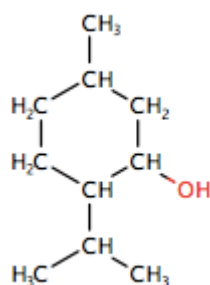
- 3p d. Leg uit dat aniline door deze delokalisatie minder basisch zal zijn dan bijvoorbeeld methaanamine. Teken daartoe eerst de Lewisstructuur van aniline en leg uit wat er gebeurt met het ongebonden elektronenpaar als de aminogroep een H^+ ion accepteert en wat het effect van delokatie teweeg brengt.

Opgave 4: Pepermunt

In vele landen is een pepermintje een ademverfrissend snoepje. Pepermunt heeft een typische smaak die de mens zeer bevalt. Dezelfde smaak komt ook voor in kauwgom, tandpasta, en keelpastilles. Muntthee is de laatste jaren een zeer populaire drank geworden. Er zijn zelfs toetjes waarbij de smaak van pepermunt een belangrijke rol speelt.

De stof die verantwoordelijk is voor de typische smaak van pepermunt, tandpasta, keelpastilles en muntthee is menthol. Menthol komt in grote hoeveelheden voor in de plant *Mentha balsamea* (wild type), beter bekend als Munt.

De structuurformule van menthol is hieronder weergegeven:



De officiële IUPAC-naam van menthol is:

(1R,2S,5R)-5-methyl-2-(propan-2-yl)-cyclohexaan-1-ol.

- 5p a. De structuurformule van menthol is op de uitwerkbijlage nogmaals getekend. Omcirkel daarin de verschillende groepen en duidt aan met welk gedeelte dit overeenkomt in de naam. Leg ook uit waarom de groepen de cijfers hebben gekregen zoals deze in de naam gegeven zijn. Het (1R,2S,5R) gedeelte in de naam hoeft je niet te verklaren.

Er bestaan meerdere stereo-isomeren van 5-methyl-2-(propan-2-yl)-cyclohexaan-1-ol.

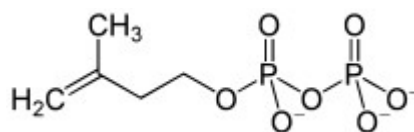
- 1p b. Laat door middel van een berekening zien hoeveel stereo-isomeren er van de stof 5-methyl-2-(propan-2-yl)-cyclohexaan-1-ol zullen bestaan.

Menthol zoals die in de plant munt voorkomt, en in pepermunt en tandpasta wordt gebruikt, is het specifieke isomeer waarbij de methyl-groep en hydroxy-groep een *cis*-oriëntatie hebben, en de propyl-groep en methyl-groep *trans*-georiënteerd staan.

Op de uitwerkbijlage is een begin gemaakt met de tekening van de ruimtelijke structuurformule van menthol. Hierin is alleen de hydroxy-groep ingetekend.

- 3p c. Teken op de uitwerkbijlage de resterende methyl- en propyl-groep met de juiste oriëntaties.

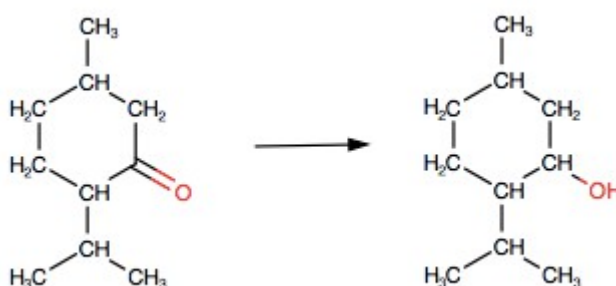
In de plant *Mentha balsamea* (wild type) wordt menthol gesynthetiseerd uit de stof IPP, isopentenyl-pyrofosfaat. De structuurformule hiervan is hieronder weergegeven:



In IPP zijn twee fosfaatgroepen gebonden door middel van een condensatiereactie tussen molecuul **X** en twee fosfaat groepen.

- 3p **d.** Teken de structuurformule van molecuul **X**, en geef de bijbehorende systematische naam. Molecuul **X** bevat dus geen fosfaatgroepen.

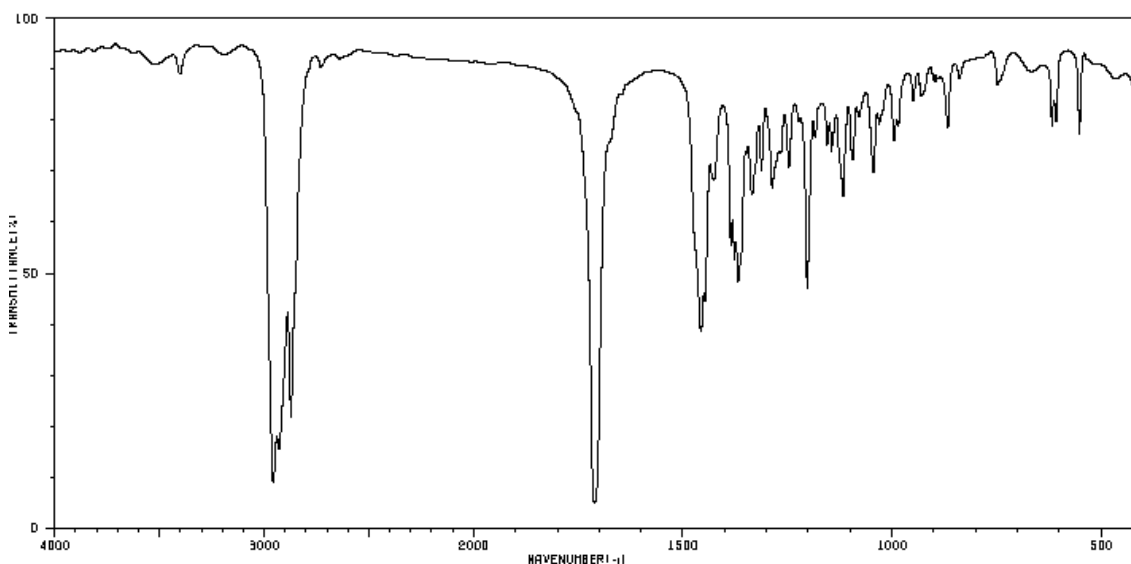
De laatste stap in de synthese door de plant *Mentha balsamea* (wild type) is de omzetting van menthon naar menthol:



Dit is een redoxreactie.

- 2p **e.** Leg uit dat het menthon hier optreedt als oxidator.

Hieronder is een infraroodspectrum gegeven.



Dit spectrum is of het spectrum van methon of van menthol.

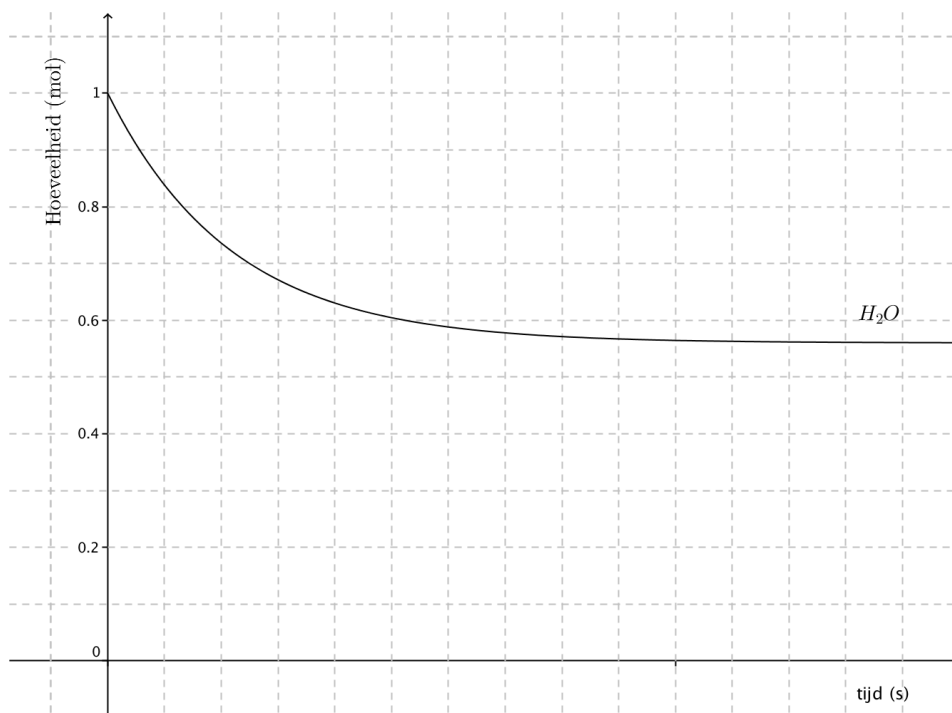
- 2p **f.** Motiveer bij welke stof dit infraroodspectrum behoort: menthon of menthol.

Opgave 5: Een gasevenwicht

In een reactievat van 20 L, voorzien van een drukmeter (manometer), worden de volgende gassen bijeengebracht: 0,5 mol koolmonoxide en 1,0 mol waterdamp. Het reactievat wordt op een temperatuur van 750 K gebracht. In het evenwicht dat zich vervolgens instelt, blijkt ook het gas waterstof onderdeel van het evenwicht te zijn geworden.

3p a. Stel de evenwichtsreactie op voor dit evenwicht en geef de evenwichtsvoorwaarde.

In de grafiek hieronder zie je het verloop weergegeven hoe de hoeveelheid van waterdamp (in mol) gedurende het instellen van het evenwicht verandert.



Deze grafiek staat ook uitvergroot op de uitwerkbijlage weergegeven.

3p b. Teken op de uitwerkbijlage het vervolg van de hoeveelheden (in mol) van de andere stoffen in het evenwicht.

3p c. Bereken de druk die de manometer bij 750 K bij evenwicht aangeeft. Geef je antwoord in atmosfeer.

2p d. Bereken op basis van de eindconcentraties bij evenwicht de waarde voor de evenwichtsconstante bij 750 K.

Als de temperatuur wordt teruggebracht naar een temperatuur van 500 K, dan neemt de evenwichtsconstante in waarde toe. Dit duidt erop dat de rechterkant in het evenwicht de exotherme kant is.

2p e. Leg deze redenering uit.

Als we de temperatuur in het vat verder terugbrengen naar kamertemperatuur (25 °C), dan kan berekend worden, met behulp van gegevens uit de Binas, dat de voorwaartse reactie inderdaad de exotherme kant is.

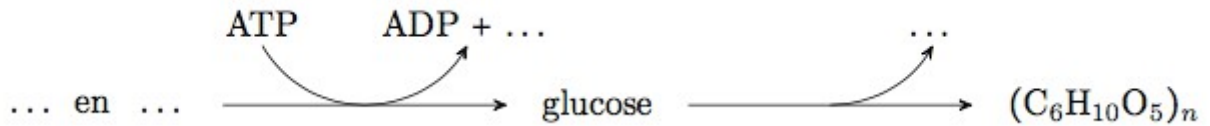
2p f. Voer deze berekening uit, en toon aan dat de rechterkant van het evenwicht de exotherme kant in het evenwicht is.

Einde

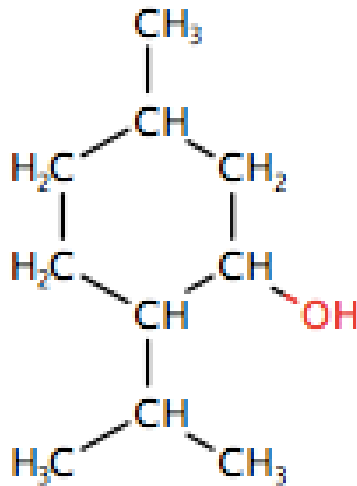
Uitwerkbijlage

Naam:.....

Opgave 2a



Opgave 4a



De getallen in de naam zijn te verklaren door:

5-methyl

2-(propan-2-yl).....

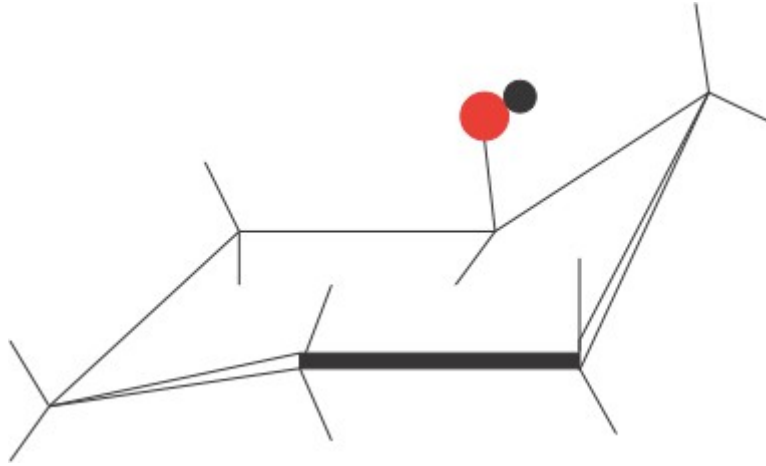
propan-2-yl.....

1-ol

Uitwerkbijlage (vervolg)

Naam:.....

Opgave 4c



Opgave 5b

