

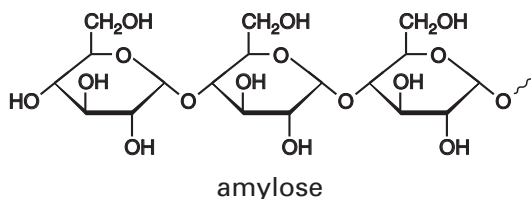
**Voor dit examen zijn maximaal 68 punten te behalen; het examen bestaat uit 26 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.
Bij dit examen hoort een informatieblad.
Voor de uitwerking van vraag 1 is een bijlage toegevoegd.**

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding vereist is, 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, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Etheen

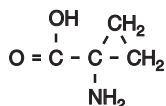
Tijdens het rijpen van vruchten krijgen ze een zoetere smaak. Dat komt onder andere doordat amylose (zetmeel) door hydrolyse wordt omgezet tot glucose. Hieronder is een fragment van een amylosemolecuul in structuurformule weergegeven:



Op de bijlage bij dit examen is dit fragment nogmaals weergegeven als onderdeel van een niet-afgemaakte vergelijking van de gedeeltelijke hydrolyse van amylose.

- 3p **1** Maak op de bijlage, uitgaande van het weergegeven fragment, de reactievergelijking af van de gedeeltelijke hydrolyse van amylose, waarbij van het bovenstaande fragment twee glucosemoleculen worden afgesplitst.

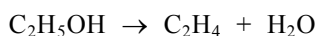
Het rijpen van vruchten vindt plaats onder invloed van het gas etheen, C_2H_4 . Etheen wordt in de vrucht in een stapsgewijs proces gevormd. Een van de tussenproducten daarbij is stof A:



stof A

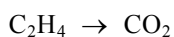
- 4p **2** Geef de systematische naam van stof A.

Het rijpingsproces van vruchten kan worden versneld door in de opslagruimte van de vruchten etheen te brengen. In sommige bedrijven wordt dit etheen geproduceerd door ethanol over een verhitte katalysator te leiden. De volgende reactie treedt daarbij op:



- 3p **3** Bereken hoeveel gram ethanol moet worden omgezet om in een ruimte van 1000 m^3 een etheenconcentratie van $1,0$ volume-ppm te krijgen. Ga er bij je berekening van uit dat in de opslagruimte aanvankelijk geen etheen aanwezig was en dat $V_m = 23 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$.

In veel gevallen mogen vruchten niet te snel rijp worden. Zo worden vruchten tijdens een lange zeereis op cruiseschepen bewaard samen met zakjes waarin zich een poedervormige vaste stof bevindt die met etheen reageert. De reactie van etheen met die vaste stof is een redoxreactie. Bij deze reactie ontstaat onder andere CO_2 . De vergelijking van de halfreactie van etheen is hieronder gedeeltelijk weergegeven:

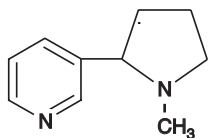


In de vergelijking van deze halfreactie komen behalve C_2H_4 en CO_2 ook e^- , H_2O en H^+ voor.

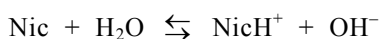
- 3p **4** Geef de volledige vergelijking van deze halfreactie van etheen.
2p **5** Leg uit of de vaste stof waar etheen mee reageert een oxidator of een reductor is.

Nicotine

In tabaksbladeren en ook in sigarettenrook komt de stof nicotine voor. Deze stof werkt sterk verslavend. Hieronder is de structuurformule van nicotine schematisch afgebeeld:



Bij een inhalerende roker komt nicotine via de longen in het bloed terecht. Nicotine is een zwakke base. In het bloed stelt zich het volgende evenwicht in:



Hierin stelt Nic het nicotinemolecuul voor en NicH^+ het geconjugeerde zuur van nicotine. In het bloed van een roker is ongeveer evenveel Nic als NicH^+ aanwezig.

- 4p **6** Bereken de verhouding $[\text{Nic}] : [\text{NicH}^+]$ in bloed met een $\text{pH} = 7,40$. Onder de omstandigheden die in bloed heersen, geldt dat $\text{p}K_w = 13,50$ ($K_w = 3,2 \cdot 10^{-14}$) en dat de $\text{p}K_b$ van nicotine gelijk is aan 5,96.

Het bloed transporteert de nicotine vervolgens naar de hersenen, waar het in het vetweefsel wordt opgeslagen. Wanneer de nicotine uit de hersenen verdwijnt, krijgt de roker zin om opnieuw een sigaret op te steken.

- 2p **7** Leg uit in welke vorm de nicotine in het vetweefsel van de hersenen zal voorkomen: in de vorm van Nic of in de vorm van NicH^+ .

Het nicotinegehalte van tabak kan worden bepaald met behulp van de volgende methode. Uit een hoeveelheid fijngemaakte tabak wordt alle nicotine opgelost. Door middel van filtratie worden de restanten van de tabak verwijderd. Aan het filtraat wordt vervolgens een overmaat pikrinezuuroplossing toegevoegd. Hierbij treedt een reactie op tussen nicotine en pikrinezuur, waarbij een onoplosbare stof wordt gevormd. De vaste stof wordt afgefiltreerd en de massa van het residu wordt bepaald.

Met behulp van de volgende formule kan het aantal mg nicotine dat zich in de tabak bevond, worden uitgerekend:

$$\text{aantal mg nicotine} = f \times \text{aantal mg residu}$$

Hierin is f een omrekeningsfactor.

Bij de reactie tussen nicotine en pikrinezuur ontstaat per mol nicotine één mol van de onoplosbare stof; er ontstaan geen andere reactieproducten. De molecuulmassa van nicotine is 162,2 u en de molecuulmassa van pikrinezuur is 229,1 u.

Met behulp van deze gegevens en de molverhouding waarin nicotine en pikrinezuur met elkaar reageren, is berekend dat f de waarde 0,2614 heeft.

- 3p **8** Bereken met behulp van bovenstaande gegevens hoeveel mol pikrinezuur reageert met één mol nicotine.

Bij zo'n nicotinebepaling werd 5,14 g tabak afgewogen. De massa van het residu was 390 mg.

- 2p **9** Bereken het massapercentage nicotine in de onderzochte tabak.

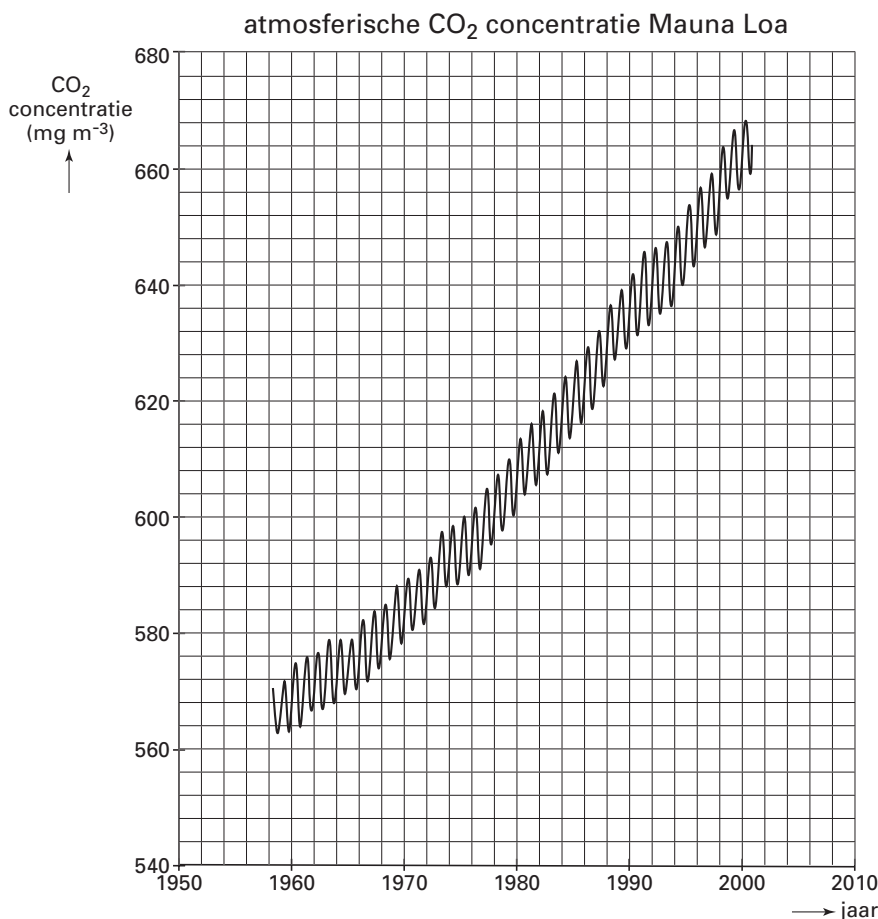
Biowaterstof

Koolstofdioxide draagt bij tot een versterkt broeikaseffect.

De hoeveelheid koolstofdioxide in de atmosfeer neemt langzaam maar zeker toe.

Op de observatiepost van Mauna Loa (Hawaii) wordt al vanaf 1958 ieder uur van de dag de concentratie koolstofdioxide in de atmosfeer gemeten. De resultaten van die metingen zijn (in mg m^{-3} , omgerekend naar $p = p_0$ en 298 K) verwerkt in figuur 1. De maxima en minima in de zigzaglijn ontstaan door de seizoenen. In het voorjaar is de invloed van de fotosynthese op de hoeveelheid koolstofdioxide in de atmosfeer anders dan in het najaar.

figuur 1

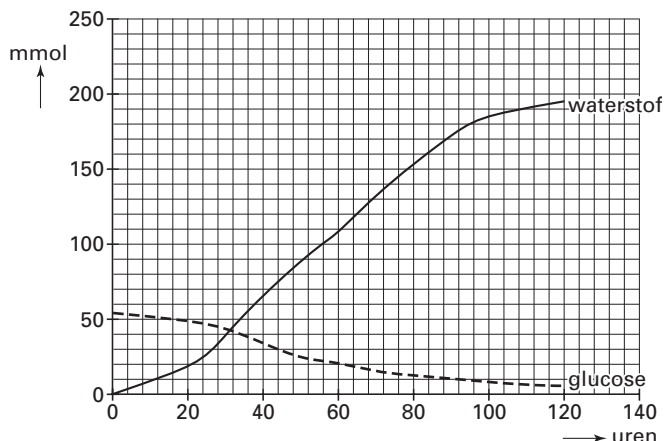


- 3p **10** Bereken met hoeveel procent de koolstofdioxideconcentratie in de atmosfeer op Hawaii is toegenomen in de periode van 1980 tot 2000.
- 3p **11** Geef de reactievergelijking van de fotosynthese.
- 2p **12** Leg aan de hand van deze reactievergelijking uit of een maximum in de zigzaglijn bij een grotere invloed of bij een kleinere invloed van de fotosynthese op de hoeveelheid koolstofdioxide in de atmosfeer boven Mauna Loa hoort.

De toename van de hoeveelheid koolstofdioxide door de jaren heen wordt voor een groot deel veroorzaakt door de verbranding van fossiele brandstoffen (steenkool, aardolie, aardgas) om energie op te wekken. Bij de verbranding van waterstof ontstaat geen koolstofdioxide. Daarom is waterstof een aantrekkelijk alternatief om als brandstof gebruikt te worden, vooral wanneer die waterstof uit biomateriaal is ontstaan. Daarom onderzoekt men de productie van waterstof uit biomateriaal. Bij dit onderzoek wordt als biomateriaal een oplossing van glucose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) gebruikt. Daarbij worden twee reactoren gebruikt. In reactor 1 worden glucose en water omgezet tot azijnzuur (CH_3COOH), koolstofdioxide en waterstofgas. Deze reactie verloopt onder invloed van speciaal geselecteerde bacteriën.

De hoeveelheid glucose die wordt omgezet in reactor 1 en de hoeveelheid waterstof die daarbij ontstaat, zijn nauwkeurig gemeten. De resultaten staan in figuur 2. Het blijkt dat de molverhouding tussen de omgezette glucose en de gevormde waterstof uiteindelijk 1 : 4 is.

figuur 2



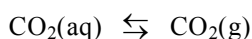
- 2p **13** □ Leid uit figuur 2 af dat de molverhouding tussen de omgezette glucose en de gevormde waterstof uiteindelijk 1 : 4 is.

Ook de molverhouding waarin de gassen koolstofdioxide en waterstof in reactor 1 ontstaan, is een belangrijk gegeven. Bij een bepaling van deze molverhouding blijkt dat in het gasmengsel het aantal mol waterstofgas twee keer zo groot is als het aantal mol koolstofdioxide.

- 3p **14** □ Beschrijf globaal de werkwijze van een bepaling van de molverhouding tussen koolstofdioxide en waterstof in het gasmengsel dat uit reactor 1 komt. Geef in de beschrijving onder meer de naam (namen) van de eventueel gebruikte stof(fen) of oplossing(en).
- 3p **15** □ Leid met behulp van de gegeven molverhoudingen de reactievergelijking af voor de omzetting van glucose en water tot azijnzuur, koolstofdioxide en waterstof. Gebruik in je reactievergelijking molecuulformules.

De inhoud van reactor 1 wordt in een tweede reactor geleid, terwijl de bacteriën in reactor 1 achterblijven. In deze tweede reactor, die de fotoreactor wordt genoemd, zetten andere bacteriën, onder invloed van licht, azijnzuur samen met water om tot koolstofdioxide en waterstof.

Van de gevormde hoeveelheid koolstofdioxide blijft in de fotoreactor ruim 60% in oplossing. In reactor 1 blijft van de gevormde hoeveelheid koolstofdioxide slechts een verwaarloosbare hoeveelheid in oplossing. Dit grote verschil in oplosbaarheid wordt onder andere veroorzaakt doordat de druk in reactor 1 anders is dan de druk in de fotoreactor. Met behulp van het verdelingsevenwicht tussen opgelost koolstofdioxide, $\text{CO}_2(\text{aq})$, en gasvormig koolstofdioxide, $\text{CO}_2(\text{g})$, kan men het verschil in oplosbaarheid van koolstofdioxide verklaren. Dit evenwicht kan als volgt worden weergegeven:



De evenwichtsvoorwaarde voor dit evenwicht luidt: $\frac{p_{\text{CO}_2}}{[\text{CO}_2(\text{aq})]} = K$.

Hierin is p_{CO_2} de partiële druk van koolstofdioxide.

- 3p **16** □ Leg mede aan de hand van de evenwichtsvoorwaarde uit of, bij dezelfde temperatuur, de partiële druk van CO_2 in reactor 1 groter of kleiner moet zijn dan de partiële druk van CO_2 in de fotoreactor.

De gasmengsels die uit reactor 1 en uit de fotoreactor komen, worden samengevoegd en gebruikt voor de opwekking van elektrische stroom in een brandstofcel.

- 4p **17** □ Maak een schets van zo'n brandstofcel. Benoem de onderdelen van de cel. Geef in je tekening ook aan van welk(e) materia(l)(en) de elektroden zijn gemaakt en wat tijdens de stroomlevering de positieve en de negatieve elektrode is.
- 2p **18** □ Geef de vergelijkingen van de halfreacties die plaatsvinden aan de positieve en negatieve elektrode. Noteer je antwoord als volgt:
aan de positieve elektrode: ...
aan de negatieve elektrode: ...

Het is de bedoeling om in de toekomst, na de onderzoeksfase, elektrische stroom op te wekken met behulp van waterstof dat geproduceerd is uit snel groeiende planten (bijvoorbeeld olifantsgras). Dat zal een gunstig effect hebben op het broeikaseffect. Zelfs als alle koolstofdioxide die bij deze productie van waterstof ontstaat, in de atmosfeer terecht zou komen, is deze methode een enorme verbetering ten opzichte van het opwekken van elektrische stroom met fossiele brandstoffen.

- 2p **19** □ Leg dit uit.

Linezolide

Aan de Universiteit van Nijmegen is een nieuwe methode ontwikkeld om in korte tijd nieuwe stoffen te bereiden die mogelijk als antibioticum kunnen worden gebruikt. De onderzoekers hebben hierover gepubliceerd in het artikel "Race tegen resistentie". De tekst op het informatieblad dat bij dit examen hoort, bevat delen uit dit artikel. Lees deze tekst en beantwoord vervolgens onderstaande vragen.

De vaste drager bestaat uit een polymeer waaraan de SO_2Cl groepen zijn gebonden. Uit een gegeven dat in figuur 2 van het informatieblad is vermeld, is op te maken welk polymeer dit is.

- 3p **20** □ Geef de structuurformule van een fragment uit het midden van een molecuul van dit polymeer (zonder SO_2Cl groepen). Dit fragment moet uit drie monomeereenheden bestaan.

In de eerste stap (zie figuur 2 van het informatieblad) reageert de primaire OH groep van het dialcohol met de SO_2Cl groep. In een nevenreactie kan de secundaire OH groep van een molecuul dialcohol in plaats van de primaire OH groep met een SO_2Cl groep reageren. In de tweede stap van de nevenreactie wordt een molecuul van het isocyanaat aan de primaire OH groep gekoppeld op dezelfde manier als aan de secundaire OH groep (zie figuur 2 van het informatieblad). Er ontstaat in dat geval ook een product met een zogenoemde lineaire structuur die geschikt is om ringsluiting en afsplitsing te ondergaan. De vorming van dit ongewenste bijproduct wordt zoveel mogelijk voorkomen door een geschikte keuze van oplosmiddel en base.

- 3p **21** □ Geef de structuurformule van het ongewenste bedoelde lineaire product dat na de koppeling van het isocyanaat in stap 2 wordt verkregen. Begin de structuurformule met - SO_2 -, teken in de structuurformule alle koolstofatomen en waterstofatomen, geef de eerste zijgroep aan met Z_1 en de tweede zijgroep met Z_2 .

Een Linezolidemolecuul heeft een asymmetrisch koolstofatoom. Er bestaat dus een optische isomeer van Linezolide.

Het is gebleken dat Linezolide bacteriedodende werking bezit. De optische isomeer van Linezolide heeft geen bacteriedodende werking. Uitgaande van een gegeven uit het artikel, dat de bacteriedodende werking van Linezolide verklaart, probeert een leerling een hypothese op te stellen waarmee hij verklaart hoe het komt dat de ene optische isomeer bacteriedodende werking bezit en de andere optische isomeer niet.

- 1p **22** Geef het gegeven in het artikel dat de bacteriedodende werking van Linezolide verklaart.
- 2p **23** Formuleer, uitgaande van dat gegeven, een hypothese waarmee verklaard kan worden dat de ene optische isomeer bacteriedodende werking bezit en de andere optische isomeer niet.

Bij de synthese van verbindingen met een asymmetrisch koolstofatoom ontstaan vaak mengsels van optische isomeren. Bij de in het artikel beschreven bereiding van Linezolide ontstaat echter slechts één optische isomeer. Dit heeft men bereikt door een juiste keuze van één van de beginstoffen.

- 1p **24** Welke beginstof wordt hier bedoeld?
- 2p **25** Leg uit hoe men door een juiste keuze van deze beginstof heeft bereikt dat één optische isomeer ontstaat.

Volgens het artikel verlopen reacties aan de vaste drager vaak langzamer dan reacties in oplossing. Met behulp van een oplosbaar sulfonylchloride kan worden onderzocht of in dit geval de reactie aan de vaste drager eveneens langzamer verloopt dan in oplossing.

- 3p **26** Beschrijf hoe je zo'n onderzoek zou moeten uitvoeren.

Einde