



Examentraining VWO

scheikunde

Eindexamentraining 3 Organische Chemie, inclusief Atoombouw en Reactiemechanismen

Deze training bestaat uit 41 vragen.

Voor deze training zijn maximaal 108 punten te behalen.

Voor elk vraagnummer staat 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 de 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.

Grensvlakpolymerisatie (2014-I pilot)

De kunststof lexaan wordt toegepast als coating van cd's en bijvoorbeeld als materiaal voor het venster in skibrillen. Lexaan is een zogeheten polycarbonaat. Lexaan wordt gemaakt uit twee monomeren. Eén van de monomeren van lexaan is het gas fosgeen (COCl_2). Fosgeen is een zeer giftig zenuwgas en wordt daarom niet in grote hoeveelheden opgeslagen voor gebruik, maar ter plekke gemaakt uit chloor en koolstofmonooxide.

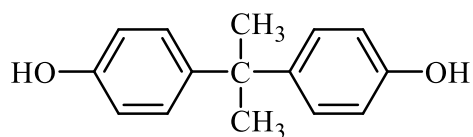
In de uitwerkbijlage die bij deze opgave hoort, is een vereenvoudigd en onvolledig blokschema voor de productie van lexaan weergegeven.

In reactor 1 (R1) laat men een overmaat koolstofmonooxide reageren met chloor. Het chloor reageert hierbij volledig.

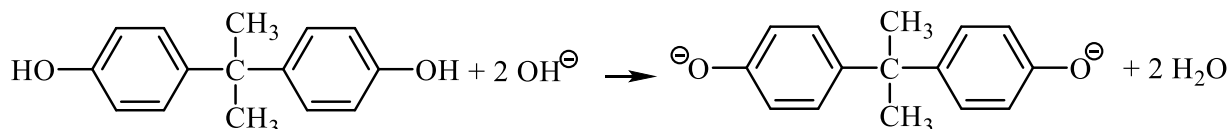
- 2p 1. Laat met een berekening zien of R1 moet worden verwarmd of gekoeld. De vormingswarmte van fosgeen bedraagt $-2,23 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$.

Het gevormde fosgeen wordt vervolgens gescheiden van de overmaat koolstofmono-oxide in scheidingsruimte S1. Fosgeen wordt onderin reactor R2 geleid. R2 bevat twee vloeistoffen die niet met elkaar mengen. De bovenste laag is natronloog. De onderste laag bevat dichloormethaan (CH_2Cl_2).

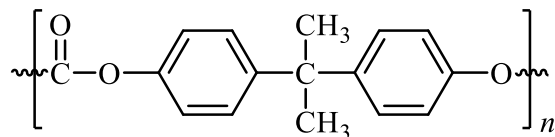
Behalve fosgeen wordt als grondstof voor lexaan bisfenol-A gebruikt, waarvan de structuurformule hieronder is weergegeven.



Bisfenol-A wordt bovenin R2 gebracht. Bisfenol-A reageert met het aanwezige natronloog tot bisfenolaationen, zoals hieronder is weergegeven.



De bisfenolaationen reageren vervolgens aan het grensvlak van beide vloeistoffen met fosgeen tot lexaan. Hieronder is een gedeelte van een polymeerketen van lexaan weergegeven.



De atomefficiëntie, ook wel atomeconomie genoemd, van de vorming van lexaan uit de grondstoffen, kan worden berekend op basis van de reacties die in R2 verlopen. Hierbij is onder andere de molecuulformule van de repeterende eenheid van lexaan nodig.

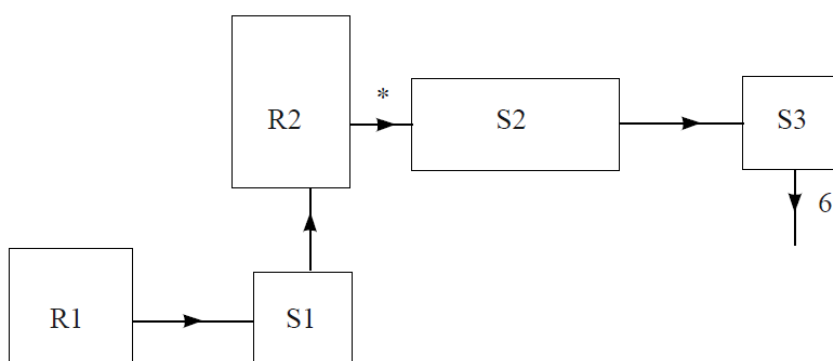
- 3p 2. Geef de beide reacties die verlopen in R2 in één vergelijking weer. Gebruik molecuulformules voor de organische stoffen.
- 2p 3. Bereken de atomefficiëntie van de vorming van lexaan in R2. De molaire massa van bisfenol-A bedraagt $228,3 \text{ g mol}^{-1}$.

Voor bepaalde toepassingen wordt een variant van het polymeer lexaan geproduceerd. Als aan R2 een bepaald percentage benzeen-1,3,5-triol wordt toegevoegd, ontstaat een netwerkpolymeer.

- 2p 4. Leg uit dat een netwerkpolymeer zal ontstaan als benzeen-1,3,5-triol in R2 wordt toegevoegd.

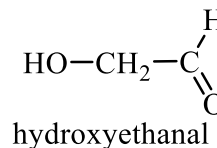
In scheidingsruimte S2 wordt het mengsel afkomstig van R2 gewassen met water. Hierbij worden het overgebleven bisfenol-A en natronloog afgescheiden van het lexaan en dichloormethaan. In S3 wordt lexaan ten slotte gescheiden van dichloormethaan. De overige stoffen afkomstig uit S2 worden opgeslagen.

- 4p 5. Maak het blokschema op de uitwerkbijlage compleet.
- Noteer ontbrekende pijlen en ontbrekende stoffen bij de pijlen. Houd daarbij rekening met hergebruik van stoffen. Hergebruik van de uit S2 afkomstige overige stoffen hoeft niet te worden aangegeven.
 - Bij de stofstroom aangeduid met een * hoef je niets in te vullen.
 - Geef de stofstromen in het schema weer met de volgende cijfers:
1 bisfenol-A / bisfenolaat 6 lexaan
2 chloor 7 natronloog
3 dichloormethaan 8 water
4 fosgeen 9 opgelost natriumchloride
5 koolstofmono-oxide
 - Cijfers voor de verschillende stofstromen kunnen meerdere malenvoorkomen.



Leven buiten de Melkweg? (2015-II pilot)

In de zoektocht naar het ontstaan van leven hebben astronomen voor het eerst een koolhydraat ontdekt in een gebied van het heelal waar sterren en mogelijk ook planeten ontstaan. Het gaat om hydroxyethanal.



De stof is interessant omdat er aanwijzingen zijn dat deze kan reageren tot een groter koolhydraat: ribose, een belangrijke bouwsteen voor RNA.

Een bekend mechanisme voor de vorming van ribose is een reeks van opeenvolgende reacties, de zogenoemde formosereacties. In de eerste formosereactie vindt een additiereactie plaats: uit twee methanalmoleculen wordt een molecuul hydroxyethanal gevormd. In de tweede formosereactie vindt ook een additiereactie plaats, nu tussen methanal en hydroxyethanal. Bij deze additiereactie zijn de aldehydegroepen van beide soorten moleculen betrokken. De moleculen die ontstaan, bezitten twee hydroxylgroepen per molecuul.

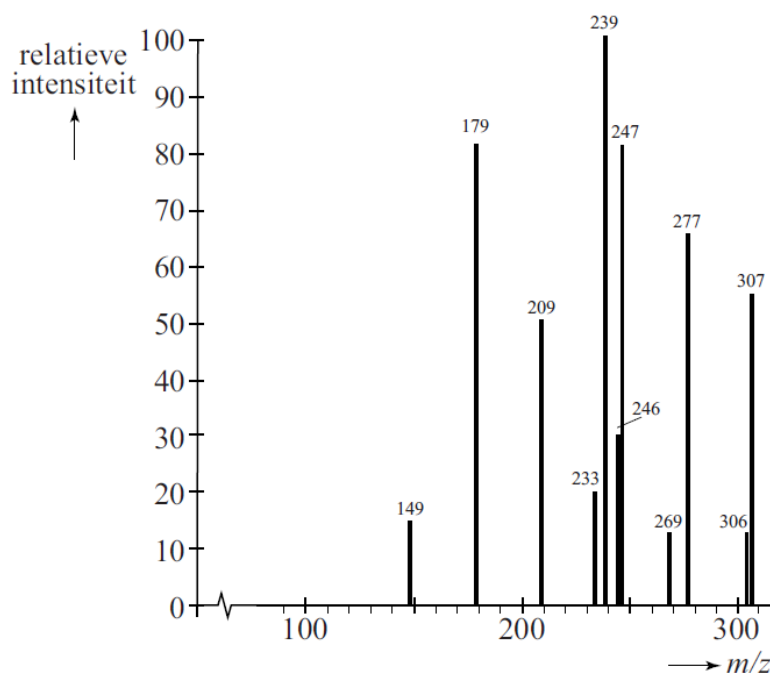
- 1p 6. Geef de vergelijking van de eerste formosereactie in structuurformules.
- 3p 7. Leg uit hoeveel verschillende producten in de tweede formosereactie kunnen ontstaan.
- Geef de structuurformules van de stoffen die kunnen ontstaan.
 - Houd in je uitleg ook rekening met eventuele spiegelbeeldisomeren.

De ontdekking van hydroxyethanal in de ruimte was een doorbraak. Wetenschappers waren het er al over eens dat in het heelal methanal voorkomt. Maar kan dit daar ook tot hydroxyethanal reageren? Aan het einde van de 20^e eeuw passeerde de komeet Hale-Bopp de aarde. Deze komeet bleek behalve veel stoffen met kleine moleculen, zoals water en methanol, ook de stof ethaan-1,2-diol te bevatten. Deze stof is interessant, omdat deze een andere mogelijke verklaring biedt voor het ontstaan van hydroxyethanal.

Als er aanwijzingen zijn dat methanal en/of ethaan-1,2-diol in de ruimte tot hydroxyethanal kan/kunnen reageren, betekent dit nog niet dat hydroxyethanal daar tot ribose kan reageren.

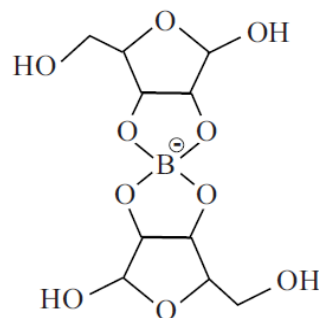
Onderzoekers uit de VS hebben onderzocht of formosereacties waarin hydroxyethanal uiteindelijk leidt tot de vorming van ribose, mogelijk zijn in de aanwezigheid van boorverbindingen die in ruimtestof zouden kunnen voorkomen. Ze brachten hydroxyethanal en een reactieproduct van de tweede formosereactie samen met een boorverbinding. Van het mengsel dat ontstond maakten zij een massaspectrum, waarbij de apparatuur zodanig was ingesteld dat uitsluitend negatieve ionen werden gemeten. Dit massaspectrum is hieronder weergegeven.

massaspectrum



De onderzoekers leidden uit het massaspectrum af dat er een pentose-boor verbinding was ontstaan. Zij vonden namelijk pieken die zij toekenden aan het hiernaast weergegeven negatieve ion $B(C_5H_8O_5)_2^-$: de molecuulionpieken met $m/z = 306$ en $m/z = 307$. Ook de relatieve intensiteit van deze pieken is in overeenstemming met dit ion.

- 3p 8. Leg uit dat aanwezigheid van de pieken met $m/z = 306$ en $m/z = 307$ én de relatieve intensiteit van deze pieken in overeenstemming zijn met het weergegeven ion. Maak hierbij gebruik van Binastabel 25 en houd voor C, H en O alleen rekening met de meest voorkomende isotopen.



Stabilisator voor PVC (2014-II)

PVC wordt in de chemische industrie op grote schaal gemaakt door polymerisatie van vinylchloride (chlooretheen). PVC wordt vervolgens in korrelvorm geleverd aan fabrieken waar men van PVC bijvoorbeeld kozijnen, deuren, waterleidingen en kabels maakt. Hierbij wordt gebruikgemaakt van het feit dat PVC een thermoplast is.

- 2p 9. Leg uit met behulp van begrippen op deeltjesniveau dat PVC een thermoplast is.

Voorafgaand aan de verwerking tot kozijn voegt men aan de PVC-korrels allerlei stoffen toe, zoals kleurstoffen en stabilisatoren. Als PVC wordt verwarmd zonder een stabilisator, ontleedt het bij verwarmen waarbij waterstofchloride ontstaat. Bij deze ontleding ontstaan in moleculen PVC

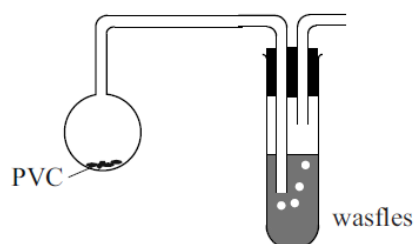
zogenoemde geconjugeerde bindingen. Daarbij zijn om en om C-C en C=C bindingen aanwezig. De H atomen rondom de C=C bindingen nemen hierbij een *trans*-positie ten opzichte van elkaar aan.

- 4p 10. Geef met behulp van structuurformules deze reactie van PVC weer. Geef hierbij een fragment uit het midden van een PVC keten weer, bestaande uit totaal 6 koolstofatomen.

Om deze ontleding te onderzoeken, verwarmt een groepje leerlingen een monster van 1,00 g PVC-korrels. Na enige tijd is er nog 0,80 gram materiaal over. De leerlingen vragen zich af hoeveel procent van het PVC op dat moment gereageerd heeft.

- 3p 11. Bereken hoeveel procent van het PVC heeft gereageerd. Neem aan dat bij de reactie van PVC het enige gasvormige reactieproduct waterstofchloride is.

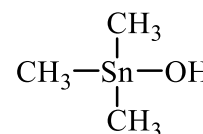
Om te bewijzen dat het gas waterstofchloride is, voeren de leerlingen de proef uit in een opstelling zoals in de onderstaande figuur schematisch is weergegeven. In de wasfles is uitsluitend water aanwezig.



Om aan te tonen dat bij het verwarmen van PVC waterstofchloride is ontstaan, voeren de leerlingen na de proef twee afzonderlijke experimenten uit met monsters van de inhoud van de wasfles.

- 4p 12. Leg uit welke chemicaliën de leerlingen bij deze twee experimenten kunnen gebruiken en geef aan welke waarnemingen ze zullen doen, indien waterstofchloride aanwezig is in het monster.

Uit onderzoek is gebleken dat het waterstofchloride dat bij de ontleding ontstaat, deze ontleding verder katalyseert. Aan PVC worden daarom stabilisatoren toegevoegd die als functie hebben waterstofchloride te binden. Vaak worden zogenoemde organo-tinverbindingen gebruikt. Dit zijn stoffen met de algemene formule R_nSnY_{4-n} , waarbij $n = 1, 2, 3$ of 4 . R is een organische groep (methyl, ethyl, etc). Y is een karakteristieke groep, bijvoorbeeld een Cl atoom of een OH groep. De covalentie van het tinatoom is in deze verbindingen dus gelijk aan vier. Een voorbeeld van een organo-tinverbinding, trimethylhydroxytin, is hiernaast weergegeven. Een veel-gebruikte stabilisator is dibutyltinmaleaat. Het tinatoom is hierin door twee estergroepen gebonden aan één maleaatgroep. De naam maleaat is afgeleid van maleïnezuur (*cis*-buteendizuur). Esters van maleïnezuur worden maleaten genoemd. Tevens zijn twee butylgroepen gebonden aan het



tinatoom. Bij de reactie van dibutyltinmaleaat met waterstofchloride ontstaan butaan en monobutyl-monochloortinmaleaat.

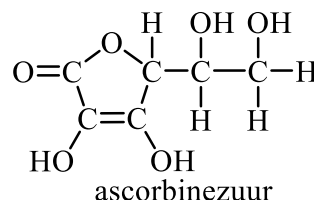
- 4p 13. Geef met behulp van structuurformules de reactievergelijking voor de reactie van dibutyltinmaleaat met waterstofchloride.

Aan PVC wordt meestal 1,0 massa% stabilisator toegevoegd. Per jaar wordt wereldwijd $2,5 \cdot 10^7$ ton PVC geproduceerd. Dat betekent dat ook een grote hoeveelheid van het vrij schaarse metaal tin nodig is voor de synthese van organotin-stabilisatoren. De massa van een mol dibutyltinmaleaat bedraagt 347 g mol^{-1} .

- 2p 14. Bereken hoeveel ton tin per jaar nodig is om de hoeveelheid stabilisator te maken die nodig is om $2,5 \cdot 10^7$ ton PVC te stabiliseren. Ga er voor de berekening van uit dat uitsluitend dibutyltinmaleaat wordt gebruikt.

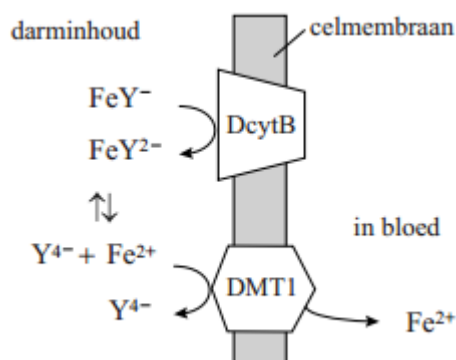
In gevecht tegen bloedarmoede (2014-II)

Circa 1,6 miljard mensen lijden aan bloedarmoede. Met name in ontwikkelingslanden is bloedarmoede een probleem, doordat voedsel vaak arm aan ijzer is. Daarom wordt gezocht naar manieren waarop voedsel verrijkt kan worden met goed opneembaar ijzer. Om ijzer te kunnen opnemen, moet Fe^{3+} eerst worden omgezet tot Fe^{2+} . Dit gebeurt in de twaalfvingerige darm. Bij deze omzetting is het enzym DcytB betrokken. Vitamine C (ascorbinezuur) wordt hierbij omgezet tot dehydro-ascorbinezuur. De ring van ascorbinezuur blijft hierbij intact en alleen de beide OH groepen aan de ring worden omgezet tot ketongroepen.



- 3p 15. Geef de vergelijking in structuurformules van de halfreactie van ascorbinezuur tot dehydro-ascorbinezuur.
- 2p 16. Geef de vergelijking van de halfreactie van Fe^{3+} tot Fe^{2+} en de totaalreactie.

De Nederlandse firma AkzoNobel heeft een stof ontwikkeld om voedsel met goed opneembaar ijzer te verrijken: Ferrazone® (NaFeY). Ferrazone® is een zout dat bestaat uit Na^+ ionen en FeY^- ionen. Een FeY^- ion wordt gevormd als Fe^{3+} en het zwakke zuur EDTA (H_4Y) worden samengevoegd. Als Ferrazone® via voeding het menselijk lichaam binnenkomt, lost het volledig op en valt het uiteen in Na^+ en FeY^- . De FeY^- ionen nemen in het lichaam niet deel aan neerslagreacties. Hiernaast is de opname van Fe^{2+} uit FeY^- in de darmen weergegeven. In de twaalfvingerige darm zet het enzym DcytB FeY^- om tot FeY^{2-} . Het eiwit DMT1 transporteert Fe^{2+} vervolgens door het celmembraan van de darmwand: het ijzer is nu opgenomen en kan door het lichaam worden gebruikt voor



bijvoorbeeld zuurstoftransport. In Binas-tabel 47 is informatie te vinden over de ligging van evenwichten waarin FeY^- en FeY^{2-} voorkomen. Uit de tabel kan worden geconcludeerd dat de omzetting van FeY^- tot FeY^{2-} ervoor zorgt dat er ter plekke meer vrije ijzerionen in oplossing komen, waardoor er meer ijzerionen worden opgenomen in de darmwand.

- 2p 17. Leg met behulp van Binas-tabel 47 uit dat de omzetting van FeY^- tot FeY^{2-} ervoor zorgt dat er ter plekke meer vrije ijzerionen in oplossing komen.

De pH dicht bij de darmwand is laag. Dit draagt bij aan het vrijkomen van de ijzer(II)ionen uit FeY^{2-} .

- 2p 18. Leg uit dat de lage pH bijdraagt aan het vrijkomen van de ijzer(II)ionen uit FeY^{2-} .

De vrije Fe^{2+} ionen worden door het zogeheten ionkanaal van het eiwit DMT1 getransporteerd. Het ionkanaal wordt gevormd door enige α -helices van het eiwit. In de eiwitketen bevindt zich een aminozuureenheid Asp. Men vermoedt dat deze aminozuureenheid een rol speelt in het binden en transporteren van Fe^{2+} . De zijketen van Asp bevat een negatieve lading en wordt schematisch weergegeven met Asp^- . Het fragment in DMT1 dat de bindingsplek bevat is $\sim \text{Leu} - \text{Asp}^- - \text{Pro} \sim$.

- 4p 19. Geef het fragment $\sim \text{Leu} - \text{Asp}^- - \text{Pro} \sim$ weer in structuurformule. Geef in deze structuurformule ook de negatieve lading aan.

Uit onderzoek bleek dat kinderen die dagelijks meelpap kregen met Ferrazone® minder vaak bloedarmoede hadden. Zodoende wordt NaFeY aan voedingsproducten toegevoegd. Om het gehalte ijzer in met Ferrazone® verrijkt meel te bepalen, maakt men gebruik van een spectrofotometrische bepaling die volgens onderstaande beschrijving wordt uitgevoerd.

10 gram meel wordt afgewogen en gemengd met 30 mL water. Door te schudden lost alle NaFeY op. Na filtratie wordt 15 mL filtraat gemengd met fenantroline en vitamine C. Alle Fe^{3+} wordt zo omgezet tot een complex van Fe^{2+} en fenantroline. Het ontstane deeltje geeft de oplossing een oranje kleur. De intensiteit van deze kleur is recht evenredig met de concentratie ijzerionen. De verkregen oplossing wordt met water aangevuld tot 100 mL. De extinctie van de ontstane oplossing wordt bij 510 nm bepaald in een cuvet van 1,00 cm dikte. Bij een dergelijke bepaling bleek de extinctie van een monster van 10 gram meel 0,378 te bedragen.

- 4p 20. Bereken het gehalte ijzer in het onderzochte meel in massa-ppm. Onder de meetomstandigheden geldt dat $\epsilon = 1,11 \cdot 10^4 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$.

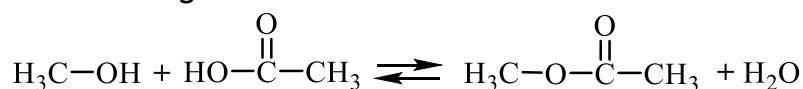
In ontwikkelingslanden wordt de lokale markt minder goed gecontroleerd. Om te voorkomen dat meel zonder of met te weinig NaFeY toch van de naam Ferrazone® wordt voorzien, moet een testkit worden samengesteld waarmee een handelaar kan bepalen of het meel daadwerkelijk de gewenste

hoeveelheid Ferrazone® bevat. Zo'n testkit moet goedkoop zijn en kan daarom wel glaswerk en chemicaliën bevatten maar geen spectrofotometer.

- 2p 21. Beschrijf wat een dergelijke testkit, behalve glaswerk en chemicaliën, moet bevatten en hoe hiermee bepaald kan worden of meel de gewenste hoeveelheid Ferrazone® bevat.

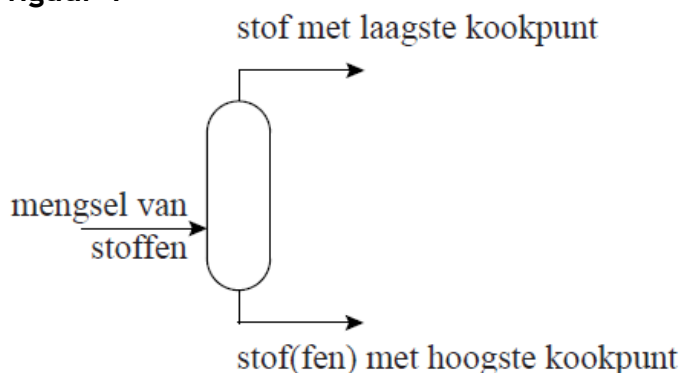
Methylethanoaat (2014-II)

Methylethanoaat is in gebruik als oplosmiddel en als basis voor lakken. De productie van methylethanoaat ($C_3H_6O_2$) gebeurt door estervorming uit methanol en ethaanzuur. Als katalysator wordt zwavelzuur toegepast. Deze estervorming is een evenwichtsreactie.



Doordat de vorming van methylethanoaat een evenwichtsreactie is, zijn na de estervorming enkele scheidingsstappen nodig om het mengsel van stoffen afkomstig uit de reactor te scheiden. Deze scheiding kan worden bereikt met destillatie. Uit de reactor komt een mengsel van vijf stoffen: ethaanzuur, methanol, methylethanoaat, water en zwavelzuur. In een destillatiestap wordt steeds één stof uit het mengsel afgescheiden. Aangenomen mag worden dat de scheiding volledig is. In dat geval zijn vier destillatiestappen nodig na de reactie om het mengsel volledig te scheiden. Dit gebeurt in destillatiekolommen, waarvan er in figuur 1 één schematisch is weergegeven.

figuur 1



- 2p 22. Leg uit, met behulp van gegevens uit de tabel met kookpunten hieronder, wat de minimumtemperatuur moet zijn om in de tweede destillatiekolom een scheiding te bewerkstelligen ($p = p_0$).

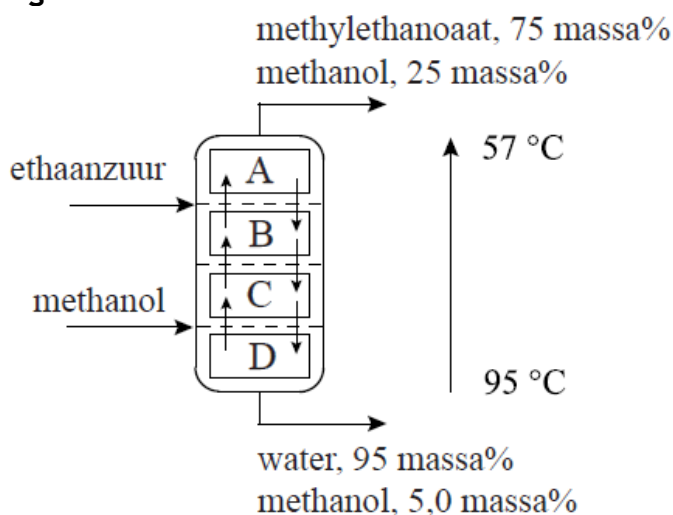
stof	kookpunt ($^{\circ}C$, $p = p_0$)
ethaanzuur	118
methanol	65
methylethanoaat	57
water	100
zwavelzuur	330

In de jaren '80 van de vorige eeuw heeft men een chemisch technologisch proces ontwikkeld, waarin een reactor en een destillatietoren worden gecombineerd. Dit proces heet 'reactieve destillatie'. Door tijdens de reactie het reactiemengsel te verwarmen, verdampt methylethanoaat uit het reactiemengsel.

- 2p 23. Leg uit wat de invloed is op de ligging van het evenwicht wanneer methylethanoaat uit het reactiemengsel verdampt.

Aan de universiteit van Oldenburg in Duitsland zijn experimenten gedaan om de productie van methylethanoaat te verbeteren. Deze experimenten zijn gedaan in een fabriek op kleine schaal, een zogenaemde proeffabriek. In de proeffabriek wordt de 'reactieve destillatie' uitgevoerd in een zogenaemde reactieve-destillatiekolom. Deze kolom is verdeeld in vier compartimenten en staat verticaal, zoals in figuur 2 is weergegeven. In compartiment C vindt de reactie plaats. De plaatsen waar ethaanzuur en methanol worden toegevoegd, zijn ook aangegeven. In de kolom neemt de temperatuur van beneden naar boven geleidelijk af van 95 °C naar 57 °C. Het ethaanzuur en de methanol worden van te voren op de vereiste temperatuur gebracht.

figuur 2



Ethaanzuur is in een deel van de kolom ook extractiemiddel: alle water en in mindere mate methanol lossen in het ethaanzuur op, methylethanoaat lost slecht op.

- 2p 24. Leg uit waarom water beter oplost in ethaanzuur dan methylethanoaat.

In de reactieve-destillatiekolom vindt een voortdurende uitwisseling van stoffen tussen de compartimenten plaats: vloeistoffen/oplossingen stromen van boven naar beneden en van beneden naar boven, gassen stromen alleen naar boven. Wat in de verschillende compartimenten gebeurt, hangt af van de vulling van dat compartiment, de zogenaemde pakking. In de bovenbedoelde reactieve-destillatiekolom worden drie soorten pakkingen gebruikt:

- destillatiepakking: deze zorgt voor een optimaal verloop van een destillatie;
- extractiepakking: deze zorgt voor een optimaal verloop van een extractie;
- reactiepakking: deze zorgt voor een optimaal verloop van een reactie.

Aan de reactiepakking is eveneens de katalysator voor de vorming van methylethanoaat gebonden. Deze katalysator hoeft dus niet uit het reactiemengsel te worden verwijderd. Per compartiment kunnen in principe drie verschillende soorten pakkingen tegelijk worden toegepast. De reactiepakking bevindt zich alleen in compartiment C.

- 3p 25. Geef voor de compartimenten B en C aan welke stoffen het compartiment van boven en van onder binnenkomen wanneer de kolom in bedrijf is. Gebruik figuur 2. Houd er rekening mee dat:
- stoffen onder hun kookpunt ook in dampvorm kunnen voorkomen;
 - stoffen boven hun kookpunt ook in oplossing kunnen voorkomen.
- Geef je antwoord in de vorm:
- compartiment B: stof (stoffen) die van boven komt (komen): ...
- compartiment B: stof (stoffen) die van beneden komt (komen): ...
- compartiment C: stof (stoffen) die van boven komt (komen): ...
- compartiment C: stof (stoffen) die van beneden komt (komen): ...
- 2p 26. Leg uit welk type (welke typen) pakking(en) in compartiment B wordt (worden) toegepast.

In figuur 2 zijn ook de resultaten vermeld die zijn verkregen in de proeffabriek van de universiteit van Oldenburg.

- 2p 27. Leg aan de hand van figuur 2 uit hoe groot het rendement is van de productie van methylethanoaat ten opzichte van ethaanzuur.

Een ingenieur gaat op basis van de gegevens van de proeffabriek een schatting maken voor de bouw van een echte fabriek. Deze fabriek moet $2,5 \cdot 10^4$ ton methylethanoaat per jaar gaan produceren.

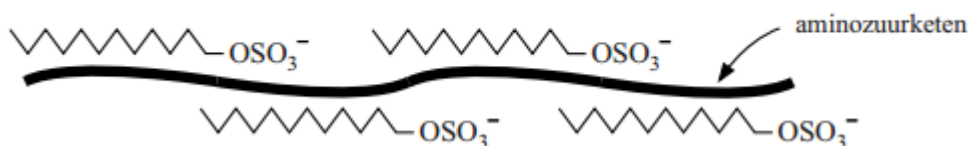
- 5p 28. Bereken hoeveel kg mengsel van water en methanol per uur onder uit de reactieve-destillatiekolom komt in de echte fabriek.
- Neem aan dat de fabriek 360 dagen per jaar continu kan produceren.
 - Gebruik bij je berekening de samenstelling van de stromen, zoals die in de proeffabriek gevonden zijn.

HIV-teststrips (2013-II)

Wanneer je door een virus bent besmet, maakt het lichaam zogenoemde antilichamen aan. Deze antilichamen zijn eiwitten die zich specifiek binden aan de eiwitten die door het virus worden gevormd. Hiervan maakt men onder andere gebruik bij de test of iemand besmet is met het HIV-virus. Bij deze test worden teststrips gebruikt waarop de HIV-eiwitten, gesorteerd op grootte, zijn aangebracht. Voordat de HIV-eiwitten op de strips kunnen worden aangebracht, moeten ze eerst worden gedenatureerd. Daarvoor gebruikt men een oplossing van SDS. SDS is een zout dat bestaat uit Na^+ ionen

en $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{SO}_4^-$ ionen. Men neemt aan dat de $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{SO}_4^-$ ionen zich gelijkmatig langs de aminozuurketen aan het eiwit binden, zodat de keten zich strekt. Schematisch wordt dat vaak weergegeven als in figuur 1.

figuur 1



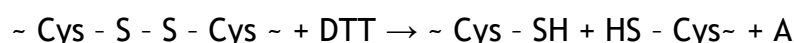
De $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{SO}_4^-$ ionen zijn onder andere via ionbindingen aan de aminozuurketen gebonden.

- 2p 29. Geef de naam van een aminozuur waarmee een $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{SO}_4^-$ ion een ionbinding kan vormen. Licht je antwoord toe.

Men heeft vastgesteld dat de verhouding tussen het aantal aminozuureenheden in de keten en het aantal $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{SO}_4^-$ ionen langs de keten in een gedenateerd eiwit 9,0 : 5,0 is. Deze verhouding is voor alle eiwitten hetzelfde.

- 3p 30. Bereken hoeveel gram SDS nodig is om 1,0 gram eiwit te denatureren. Ga ervan uit dat de gemiddelde massa van een aminozuureenheid in een eiwitmolecuul 112 u is.

Bij het denatureren wordt ook de stof DTT gebruikt. De systematische naam van DTT is 1,4-dimercaptobutaan-2,3-diol. Het voorvoegsel mercapto geeft een SH groep weer (zie ook Binas-tabel 66D). DTT zorgt ervoor dat S - S bindingen tussen cysteïne-eenheden in een eiwitmolecuul worden verbroken. De reactievergelijking waarbij een S - S binding door DTT wordt verbroken, is hieronder schematisch weergegeven:



In deze reactie worden weer nieuwe S - S bindingen gevormd.

- 3p 31. Geef de structuurformule van stof A.

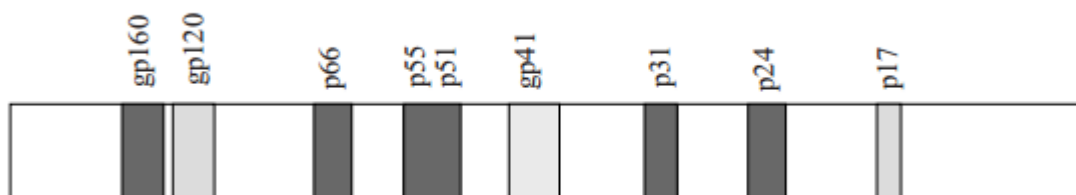
Bij de behandeling met SDS en DTT wordt zowel de tertiaire structuur als de secundaire structuur van de eiwitten verbroken. Het SDS heeft invloed op zowel de secundaire als de tertiaire structuur.

- 2p 32. Leg uit of DTT de secundaire of de tertiaire structuur van het eiwit verbreekt.

Wanneer de HIV-eiwitten zijn gedenateerd, worden ze op grootte gescheiden. Daartoe wordt een oplossing met gedenateerde HIV-eiwitten aan de rand van een rechthoekige gel aangebracht. In de gel worden elektroden gestoken die worden aangesloten op een gelijkstroombron. Omdat de gedenateerde eiwitmoleculen met de $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{SO}_4^-$ ionen negatief geladen zijn, bewegen ze naar de positieve elektrode. Hoe groter de eiwitmoleculen, hoe langzamer ze door de gel gaan. Na afloop van de scheiding bevinden de

eiwitten zich elk op een eigen positie in de gel. In figuur 2 is een gel weer-gegeven waarin de HIV-eiwitten op grootte zijn gescheiden.

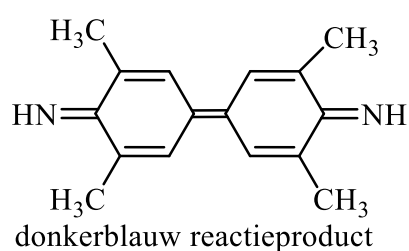
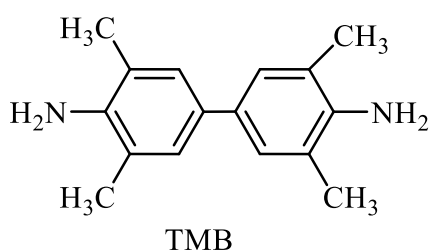
figuur 2



De namen van de eiwitten die in figuur 2 voorkomen, zijn afgeleid van hun molecuulmassa's. Zo heeft het eiwit gp160 een molecuulmassa van $160 \cdot 10^3$ u. Het RNA van een HIV-virusdeeltje bevat de code voor de HIV-eiwitten. Deze streng bestaat uit 9749 nucleotiden. Vaak zijn stukjes van virus-RNA onderdeel van de code voor verschillende eiwitten. De code voor het ene eiwit loopt dan bijvoorbeeld van nucleotide 1 tot en met nucleotide 900 en van een ander eiwit van nucleotide 801 tot en met 1400 op het virus-RNA. Met behulp van figuur 2 is af te leiden of een dergelijke overlap van codes ook voorkomt bij het HIV-virus.

- 3p **33.** Laat met behulp van een berekening zien of zo'n overlap ook voorkomt bij het HIV-virus. Ga ervan uit dat de gemiddelde massa van een aminozuureenheid in een eiwitmolecuul 112 u is.

Wanneer de eiwitten in de gel op grootte zijn gescheiden, worden ze op de strip overgebracht. Daarbij behouden de eiwitten hun onderlinge positie. Nu is de strip klaar voor gebruik. Op de strip zijn geen $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{SO}_4^-$ ionen meer aan de eiwitketens gebonden. Tijdens het testen wordt een bloedmonster op de strip aangebracht. Wanneer in het bloed antilichamen aanwezig zijn, binden die zich aan de eiwitten op de teststrip. Dit wordt zichtbaar gemaakt via een serie reacties waarbij uiteindelijk de stof TMB in een redoxreactie door waterstofperoxide wordt omgezet tot een reactieproduct met een donkerblauwe kleur. Hieronder staan de structuurformules van TMB en het gekleurde reactieproduct.



- 4p **34.** Geef de vergelijkingen van de beide halfreacties en de totale reactievergelijking voor de omzetting van TMB tot het blauwe reactieproduct. Gebruik molecuulformules. In de vergelijking van de halfreactie van TMB komt onder andere ook H^+ voor.

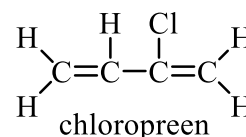
Bij een HIV-test worden, behalve het te testen bloedmonster, nog twee controlemonsters getest: een monster waarvan men zeker weet dat het HIV-antilichamen bevat en een monster waarvan men zeker weet dat het geen HIV-antilichamen bevat.

1p 35. Geef een reden waarom deze twee controlemonsters worden getest.

Polychloropreen (2013-I)

Polychloropreen is een polymeersoort die momenteel veel wordt gebruikt voor zogenaamde lifestyle-artikelen, zoals etuis voor laptops en mp3-spelers. Ook wetsuits voor duikers worden veelal van polychloropreen gemaakt.

Polychloropreen wordt gevormd door additiepolymerisatie van chloropreen (2-chloorbut-1,3-dieen). In deze opgave wordt de stof chloropreen aangeduid als CP. De structuurformule van CP is hiernaast weergegeven. In het polymerisatieproces wordt het vierde koolstofatoom van de ene monomeereenheid verbonden met het eerste koolstofatoom van de volgende monomeereenheid. De meeste monomeereenheden nemen tijdens dit proces de *trans*-configuratie aan.



3p 36. Geef de structuurformule van een gedeelte van het midden van een polychloropreenketen, bestaande uit drie monomeereenheden. Teken hierin de monomeereenheden in de *trans*-configuratie.

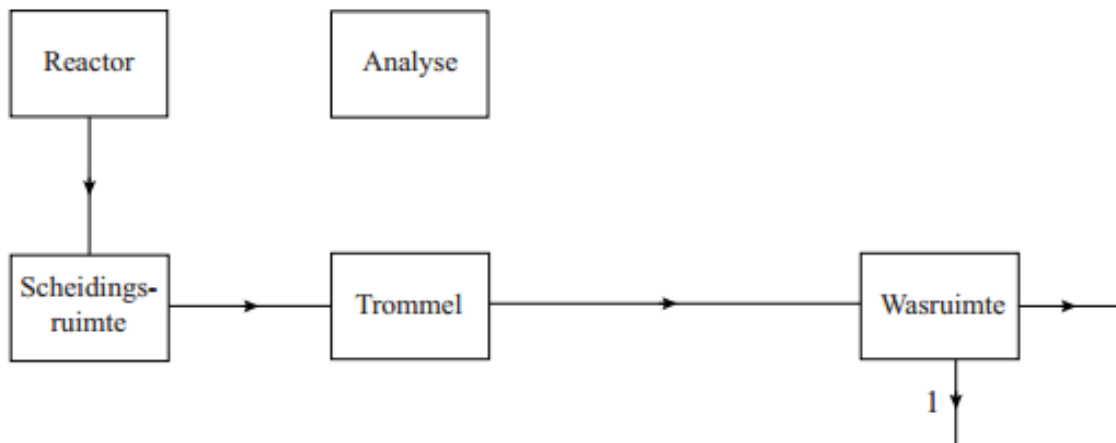
Polychloropreen verliest zijn soepelheid bij lage temperaturen. Om dit te voorkomen, wordt CP voorafgaand aan de polymerisatie gemengd met de stof 2,3-dichloorbut-1,3-dieen (in deze opgave verder aangeduid als DCB). De polymeersoort die op deze wijze wordt gevormd, bevat dus zowel eenheden die afkomstig zijn van CP als van DCB. Door verschillende verhoudingen CP en DCB te gebruiken, ontstaan verschillende polymeer-soorten met eveneens verschillende eigenschappen. Deze polymeersoorten worden allemaal aangeduid met de verzamelnaam polychloropreen. De productie van polychloropreensoorten verloopt via een proces dat uit meerdere stappen bestaat. Een vereenvoudigde weergave van dit proces wordt hieronder beschreven.

- De stoffen CP en DCB worden samen met water en hulpstoffen (o.a. een emulgator) in een reactor gebracht. Hierin vindt gedurende enige tijd het polymerisatieproces plaats.
- Het reactiemengsel wordt naar een scheidingsruimte overgebracht waar de niet gereageerde monomeren worden verwijderd. Het mengsel van de niet gereageerde monomeren wordt geanalyseerd en teruggevoerd naar de reactor.
- Van de scheidingsruimte wordt het mengsel met daarin onder andere het polymeer, overgebracht naar een trommel waar azijnzuuroplossing aan het mengsel wordt toegevoegd. Het mengsel wordt rondgedraaid en afgekoeld. Door het zure milieu en de lage temperatuur slaat het polymeer als vaste stof neer uit het mengsel. Het gehele mengsel wordt overgebracht naar een wasruimte.

- In de wasruimte wordt het mengsel gewassen met water. Alle stoffen uit het mengsel, behalve het polymeer, lossen op in het water, dat als afvalwater wordt afgevoerd. Na het wassen wordt het polymeer gedroogd, in kleine stukjes gesneden en opgeslagen.

4p 37. Hieronder staat het (onvolledige) blokschema voor de bovenbeschreven vereenvoudigde weergave van het productieproces. Maak dit af met behulp van extra pijlen voor de stofstromen. Vermeld bij alle stofstromen de hierin aanwezige stoffen/mengsels. Maak gebruik van de onderstaande zeven begrippen. Noteer uitsluitend de nummers van de stoffen/stofmengsels. Mogelijk komt een nummer meerdere keren voor.

- | | |
|------------------------|-----------------|
| 1. afvalwater; | 5. hulpstoffen; |
| 2. azijnzuuroplossing; | 6. polymeer; |
| 3. CP; | 7. water. |
| 4. DCB; | |



Door de hoeveelheid chloor in een polymeersoort te bepalen, kan het DCB-gehalte in deze polymeersoort worden bepaald. Dit kan gebeuren door een afgewogen hoeveelheid polymeer onder hoge druk en temperatuur volledig te verbranden. De ontstane gasvormige producten worden door een oplossing geleid, waarbij uiteindelijk alle chlooratomen worden omgezet tot chloride-ionen. De hoeveelheid chloride-ionen kan worden bepaald door een titratie. Hiertoe wordt de oplossing van de chloride-ionen in een erlenmeyer gebracht en verdund. De vloeistof wordt gemengd met een kleine hoeveelheid K_2CrO_4 oplossing en ten slotte getitreerd met $AgNO_3$ oplossing. Tijdens deze titratie slaat zilverchloride neer. Nadat alle aanwezige chloride als zilverchloride is neergeslagen, slaat zilverchromaat (Ag_2CrO_4) neer. De inhoud van de erlenmeyer verandert tijdens de titratie van kleur. De inhoud is voor, tijdens en na de titratie geen enkele keer kleurloos. Hieronder is de titratie in een tabel onvolledig weergegeven.

3p **38.** Vul de tabel hieronder in.

- Geef de kleur van de inhoud van de erlenmeyer voor de titratie, tijdens de titratie en na het bereiken van het equivalentiepunt.
- Geef voor alle drie de momenten aan of het mengsel helder of troebel is.
- Geef de formule(s) van de aanwezige deeltjes, waardoor de kleur wordt veroorzaakt. Gebruik hierbij Binas-tabel 65B.
- Geef de formule(s) van de aanwezige deeltjes, waardoor een eventueel aanwezige troebeling wordt veroorzaakt.

	kleur	helder/ troebel	formule van het (de) deeltje(s) dat (die) kleur en/of troebeling veroorzaakt (veroorzaken)
voor de titratie			
tijdens de titratie			
na het equivalentiepunt			