

Voor dit examen zijn maximaal 67 punten te behalen; het examen bestaat uit 25 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.
Voor de uitwerking van de vragen 1 en 16 is een uitwerkbijlage toegevoegd.
Bij dit examen hoort een informatieboekje.

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, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Polymelkzuur

Van melkzuur (2-hydroxypropaanzuur) bestaan twee stereo-isomeren, die respectievelijk D- en L-melkzuur worden genoemd.

L-melkzuur speelt een rol in de stofwisseling in het menselijk lichaam.

Hieronder is weergegeven hoe de bindingen rondom een asymmetrisch koolstofatoom zijn georiënteerd:

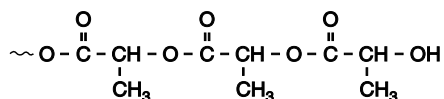


In deze structuur liggen de bindingen die zijn getekend met – in het vlak van tekening; de binding die is getekend met ► komt uit het vlak van tekening naar voren en de binding die is getekend met ... ligt achter het vlak van tekening.

Op de uitwerkbijlage bij deze opgave is deze ruimtelijke structuur nog tweemaal opgenomen.

- 2p **1** □ Teken op de uitwerkbijlage de ruimtelijke structuurformules van beide stereo-isomeren van melkzuur, door het tekenen van een waterstofatoom, een methylgroep, een alcoholgroep en een carbonzuurgroep aan de bindingen in elk van de gegeven structuren. Noteer hierin het waterstofatoom als H, de methylgroep als CH₃, de alcoholgroep als OH en de carbonzuurgroep als COOH.

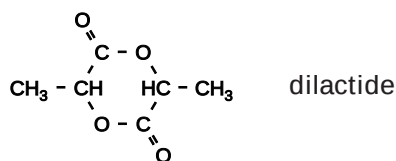
Het polymeer van melkzuur, het zogenoemde polymelkzuur, wordt onder meer gebruikt als chirurgisch hecht draad. Hieronder is een uiteinde van een polymelkzuurmolecuul weergegeven:



In het lichaam wordt polymelkzuur, bijvoorbeeld na gebruik als hecht draad, geleidelijk door hydrolyse afgebroken tot melkzuur.

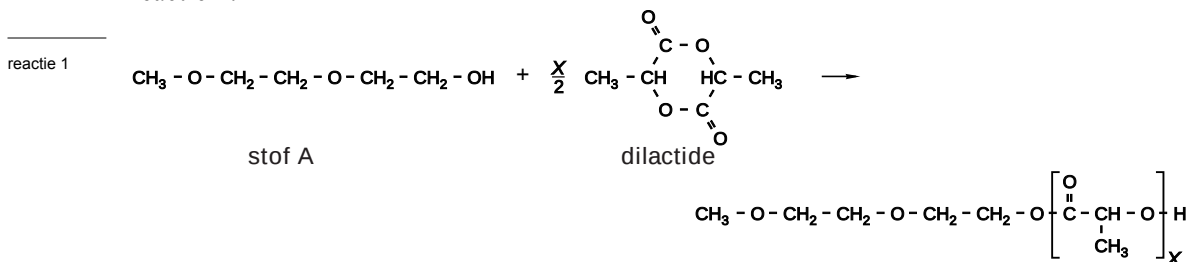
- 3p **2** □ Geef de reactievergelijking van de hydrolyse van het hierboven weergegeven fragment waarbij uit dit fragment onder andere twee melkzuurmoleculen ontstaan. Noteer hierin de organische stoffen in structuurformules.

Polymelkzuur wordt vaak gemaakt uit het zogenoemde dilactide:



Het dilactidemolecuul is op te vatten als een koppelingsproduct dat is ontstaan uit twee melkzuurmoleculen.

Uit een dilactide kunnen behalve polymeren van melkzuur ook zogenoemde oligomeren van melkzuur worden gevormd. Oligomeren van melkzuur zijn opgebouwd uit veel minder melkzuureenheden dan polymeren. Oligomeren van melkzuur kunnen worden gemaakt via reactie 1:



Stof A en het dilactide worden, samen met een katalysator, verwarmd tot 130 °C. In het vloeibare mengsel treedt dan de vorming van oligomeren op. Het aantal melkzuureenheden per oligomeermolecuul wordt de polymerisatiegraad genoemd. Bij reactie 1 ontstaat een mengsel van oligomeren. De gemiddelde polymerisatiegraad van de oligomeren in dit mengsel wordt bepaald door de gekozen molverhouding tussen stof A en het dilactide.

- 3p **3** ☐ Bereken hoeveel mmol stof A nodig is om 69 mmol (10 g) dilactide volledig om te zetten tot oligomeren met een gemiddeld aantal van 10 melkzuureenheden per oligomeermolecuul. Ga ervan uit dat ook stof A volledig reageert en dat geen andere reactie optreedt dan reactie 1.

Na de synthese van oligomeren van melkzuur uit stof A en het dilactide is het mengsel van de ontstane oligomeren gescheiden met behulp van chromatografie. Daarbij bleek dat bij deze synthese behalve oligomeren met de verwachte even aantallen melkzuureenheden ook oligomeren met oneven aantallen melkzuureenheden zijn ontstaan.

De onderzoeker die deze synthese uitvoerde, verbaasde zich over het feit dat ook oligomeren met oneven aantallen melkzuureenheden waren ontstaan.

- 2p **4** ☐ Stel een hypothese op waarmee het ontstaan van oligomeren met oneven aantallen melkzuureenheden kan worden verklaard.

Witte verf

Voor witte verf wordt vaak titaan(IV)oxide (TiO₂) als pigment gebruikt. Deze stof wordt bereid uit het erts ilmeniet.

Ilmeniet is van oorsprong ijzer(II)titanaat, FeTiO₃.

In de loop van de tijd heeft echter een deel van het ijzer(II)titanaat met zuurstof uit de lucht gereageerd. Door deze reactie bestaat het erts behalve uit ijzer(II)titanaat ook uit ijzer(III)titanaat (Fe₂(TiO₃)₃) en ijzer(III)oxide (Fe₂O₃).

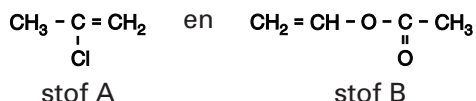
- 2p **5** ☐ Leg uit waarin het massapercentage titaan het hoogst is: in zuiver ijzer(II)titanaat of in erts waarvan een deel van het ijzer(II)titanaat met zuurstof heeft gereageerd.

Bij de bereiding van titaan(IV)oxide laat men het erts eerst reageren met een zwavelzuuroplossing. Hierbij treden reacties op waarbij onder andere TiO₃²⁻ wordt omgezet tot TiO²⁺. Door reactie met water wordt vervolgens TiO²⁺ omgezet tot TiO₂. Deze laatste reactie is geen redoxreactie.

- 3p **6** ☐ Geef de vergelijking van de reactie van TiO²⁺ met water onder vorming van onder andere TiO₂.

Een verf bevat behalve pigment ook een oplosmiddel en een bindmiddel. Bij veel soorten verf vormt het bindmiddel na verdampen van het oplosmiddel een vast laagje op het geleverde voorwerp. De pigmentdeeltjes zitten dan in het vaste bindmiddel opgesloten. Bindmiddelen die in deze soorten verf voorkomen, zijn additiepolymeren van onverzadigde verbindingen.

Een voorbeeld van zo'n bindmiddel is het polymeer dat kan worden verkregen uit de volgende monomeren:



- 2p **7** ☐ Geef de systematische naam van stof A.

- 3p **8** ☐ Geef de structuurformule van een stukje uit het midden van het polymeer dat uit stof A en stof B kan ontstaan. Dit stukje moet vier monomeereenheden bevatten: twee van stof A en twee van stof B.

Kringloopfosfaat

Deze opgave gaat over het artikel "Kringloopfosfaat" dat is afgedrukt in het informatieboekje dat bij dit examen hoort. Lees dit artikel en beantwoord daarna de volgende vragen.

Fosfaaterts is een delfstof die onder andere bestaat uit fluorapatiet, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$. Voorafgaand aan de verwerking tot fosforzuur en polyfosfaat, wordt in de fabriek uit het fosfaaterts eerst gasvormig fosfor (P_4) gemaakt. Dit gebeurt door het erts te verhitten met cokes (C) en grind (SiO_2). Bij deze reactie ontstaan tevens koolstofmonoxide, calciumsilicaat (CaSiO_3) en calciumfluoride.

- 4p **9** ☐ Geef de vergelijking van deze reactie.

Hoewel de formule van fosfaat PO_4^{3-} is, wordt het in de industrie vaak weergegeven als difosforpentaoxide, P_2O_5 . Met behulp van een berekening kan worden nagegaan of in het artikel met 'fosfaat' inderdaad difosforpentaoxide wordt bedoeld.

- 4p **10** ☐ Geef die berekening. Gebruik daarvoor de volgende gegevens:
- de in het artikel vermelde hoeveelheid fosfaaterts die Thermphos importeert;
 - de in het artikel vermelde hoeveelheid fosfaat die daarmee overeenkomt;
 - het fosfaaterts dat Thermphos importeert, bevat 15 massaprocent P.

Een mogelijke grondstof die Thermphos als vervanger voor fosfaaterts onderzoekt, is slib uit afvalwater.

In het artikel wordt een aantal stoffen genoemd die worden gebruikt of kunnen worden gebruikt om 'fosfor' uit afvalwater te verwijderen.

- 3p **11** ☐ Geef de formules van alle stoffen die volgens het artikel worden gebruikt of kunnen worden gebruikt om 'fosfor' uit afvalwater te verwijderen en leg uit hoe het komt dat deze stoffen in staat zijn om 'fosfor' uit afvalwater te verwijderen. Neem daarbij aan dat de 'fosfor' in de vorm van PO_4^{3-} in het afvalwater voorkomt.

In het artikel wordt onder andere zink genoemd als een metaal dat in het afvalwater problemen oplevert. Dit zink (eigenlijk zinkionen) is afkomstig van zinken dakgoten. Het metaal zink is bedekt met een ondoordringbaar laagje zinkoxide dat normaal gesproken het onderliggende metaal beschermt. Maar in zure regen wordt dit laagje aangetast, waardoor het onvoldoende bescherming biedt.

- 3p **12** ☐ Geef de vergelijking van de reactie die optreedt als het zinkoxide door de zure regen wordt aangetast. Neem aan dat in zure regen een sterk zuur is opgelost.

Het zink van de zinken dakgoten komt, in de vorm van zinkionen, in het afvalwater terecht doordat het in een redoxreactie reageert met zuurstof dat in de zure regen is opgelost.

- 3p **13** ☐ Geef van de redoxreactie tussen zink en in zure regen opgeloste zuurstof de vergelijkingen van de beide halfreacties en leid daarmee de totale reactievergelijking af.

Kippenmest is een andere bron die als vervanger voor fosfaaterts wordt onderzocht. Een ingenieursbureau is bezig met de ontwikkeling van een elektriciteitscentrale die wordt gestookt met kippenmest. Een student Chemische Technologie die stage liep bij dit ingenieursbureau, schreef daarover het volgende.

tekstfragment

De mest van kippen is droger dan mest van koeien of varkens en is daardoor het meest geschikt. Na de verbranding blijft er as over. Deze as bestaat voornamelijk uit zand en fosfaat. Ik onderzoek de toepassingsmogelijkheden voor deze reststoffen. Het fosfaat kan natuurlijk worden gebruikt door de fabrikanten van kunstmest. Zij gebruiken nu fosfaaterts dat uit Afrika wordt aangevoerd.

Als fosfaat uit stront kan worden teruggewonnen, wordt de totale hoeveelheid en dus de fosfaatbelasting beperkt. Maar de fabrikanten hebben niet zoveel aan het zand, dat in de as zit. Ik heb dus een proces bedacht waarin het fosfaat van het zand wordt gescheiden. Wat overblijft is een waardevolle grondstof voor kunstmest. Dit is struviet, een verbinding van fosfaat, magnesium en ammoniak.

uit: *Campus*, magazine van de Universiteit Twente voor aanstaande studenten

De bewering: „Als fosfaat uit stront kan worden teruggewonnen, wordt de totale hoeveelheid en dus de fosfaatbelasting beperkt.” geeft gebrekkig weer wat de student bedoelt te zeggen. Het is niet duidelijk wat hij bedoelt met ‘totale hoeveelheid’ en ‘fosfaatbelasting’.

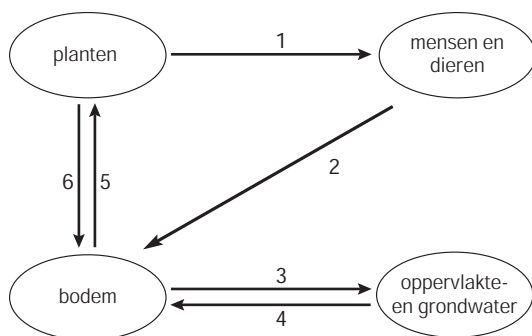
- 2p **14** □ Verbeter de zin zo dat de bedoeling wel duidelijk is. Begin je zin met: „Als fosfaat uit stront kan worden teruggewonnen, ...”.

Struviet is een slecht oplosbaar zout dat bestaat uit drie ionsoorten. De formule is MgNH_4PO_4 .

- 4p **15** □ Beschrijf een methode, die de student zou kunnen hebben bedacht, om struviet uit de as te verkrijgen. Ga ervan uit dat het fosfaat in de vorm van calciumfosfaat in de as zit en niet in de vorm van struviet. Gebruik het gegeven dat het fosfaation een base is.

In figuur 1 is een gedeelte van de natuurlijke fosforkringloop door middel van een eenvoudig schema weergegeven. In deze kringloop zijn uitsluitend de belangrijkste natuurlijke processen weergegeven. Menselijke activiteiten zoals het op industriële schaal onttrekken van stoffen aan de bodem en het gebruik van kunstmest zijn niet in dit schema opgenomen.

figuur 1



1 = voedsel 3 = oplossen van mineralen 5 = opnemen van mineralen
2 = mest 4 = afzetting van mineralen 6 = afsterven van planten

Het bedrijf Thermphos wil dus bewerkstelligen dat er in de toekomst een fosforkringloop ontstaat, waarbij ze minder beslag hoeven te leggen op fosfaaterts. Met behulp van gegevens uit het artikel kunnen de huidige activiteiten van Thermphos en de activiteiten die in de toekomst wellicht kunnen worden uitgevoerd, in dit schema worden opgenomen. Op de uitwerkbijlage is het schema opnieuw weergegeven. Hierin is met een extra ovaal, aangeduid met ‘TH’, de plaats van Thermphos aangegeven.

- 4p **16** □ Teken in het schema op de uitwerkbijlage nog twee extra ovalen en extra pijlen op de manier zoals in het schema is gedaan, zodat de informatie uit het artikel duidelijk wordt gemaakt.

Zet in de extra ovalen: *RZI* (voor rioolwaterzuiveringsinstallatie) en *VI* (voor verbrandingsinstallatie). Zet bij de extra pijlen op de juiste plaats de nummers 7 tot en met 13.

Deze nummers staan voor de volgende aanduidingen:

7 = fosfaaterts 10 = slib 13 = gezuiverd rioolwater
8 = fosforzuur en polyfosfaten 11 = as
9 = afvalwater (rioolwater) 12 = mest

Sikkelcel-anemie

Zuurstof wordt in het bloed getransporteerd door hemoglobine.

Hemoglobinemoleculen bestaan onder andere uit vier polypeptideketens: twee ketens van zogenoemd globine α en twee ketens van globine β .

In een keten van globine β is de volgorde van de eerste acht aminozuren als volgt:

Val – His – Leu – Thr – Pro – Glu – Glu – Lys ~ globine β

Bij een bepaalde ziekte, sikkelcel-anemie, is in de ketens van globine β een verandering opgetreden. De hemoglobine van mensen met sikkelcel-anemie wordt hemoglobine S genoemd. Normaal hemoglobine wordt hemoglobine A genoemd.

De globine β in hemoglobine S wordt in het vervolg van deze opgave aangeduid met globine β_S .

Globine β_S en globine β verschillen van elkaar in het zesde aminozuur: in globine β_S is dat valine (Val) en in globine β is dat glutaminezuur (Glu). De volgorde van de eerste acht aminozuren in een keten van globine β_S is dus als volgt:

Val – His – Leu – Thr – Pro – Val – Glu – Lys ~ globine β_S

- 3p **17** □ Geef het gedeelte ~ Thr – Pro – Val ~ van globine β_S in structuurformule weer.

In een hemoglobinemolecuul is de structuur van de globineketens zodanig dat de zijketens van de glutaminezuureenheden op de zesde positie van de ketens van globine β zich aan de buitenkant van het hemoglobinemolecuul bevinden.

Bij mensen met sikkelcel-anemie bevinden de zijketens van de valine-eenheden op de zesde positie van de ketens van globine β_S zich eveneens aan de buitenkant van het hemoglobinemolecuul.

Wat betreft de structuur van eiwitten maakt men onderscheid tussen de primaire, de secundaire en de tertiaire structuur.

- 2p **18** □ Leg uit welk van de gegevens die vanaf het begin van deze opgave zijn verstrekt, betrekking heeft op de tertiaire structuur.

Mensen met sikkelcel-anemie hebben sikkelvormige rode bloedcellen in hun bloed. Men veronderstelt dat deze afwijkend gevormde cellen ontstaan doordat onder bepaalde omstandigheden de hemoglobine samenklontert. Daarbij worden bindingen gevormd tussen $\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_3$ groepen van de valine-eenheden die zich aan de buitenkant van de hemoglobinemoleculen bevinden. Omdat er per molecuul hemoglobine S twee ketens globine β_S aanwezig zijn, kunnen moleculen hemoglobine S polymeerachtige structuren vormen.

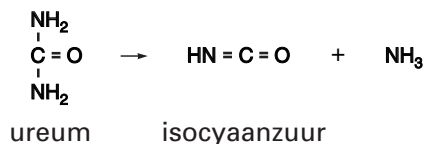
Moleculen hemoglobine A kunnen dergelijke polymeerachtige structuren niet vormen. De reden daarvoor is dat in globine β de COOH groepen van de glutaminezuureenheden grotendeels zijn omgezet tot COO^- groepen.

- 2p **19** □ Leg uit welk type binding tussen de $\text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_3$ groepen van de valine-eenheden wordt gevormd wanneer moleculen hemoglobine S bovengenoemde polymeerachtige structuren vormen.

- 1p **20** □ Geef aan waarom moleculen hemoglobine A bovengenoemde polymeerachtige structuren niet kunnen vormen.

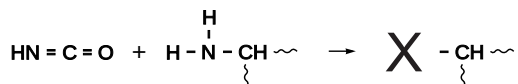
De sikkelvormige cellen in het bloed van mensen met sikkelcel-anemie ontstaan vooral wanneer geen zuurstof is gebonden aan de hemoglobine, dus op plaatsen waar de zuurstofconcentratie in het bloed laag is, bijvoorbeeld in kleine adertjes.

Hemoglobine S, waaraan zuurstof is gebonden, klontert niet samen. Daarvan maakt men gebruik bij een methode om de vorming van de afwijkende cellen tegen te gaan. Bij deze methode wordt de patiënt behandeld met ureum. In het bloed kan uit ureum isocyaanzuur ($\text{HN}=\text{C}=\text{O}$) worden gevormd:



De isocyaanzuurmoleculen reageren met de NH_2 uiteinden van de globineketens. Deze reactie kan worden opgevat als een additiereactie aan de $\text{N}=\text{C}$ binding van het isocyaanzuurmolecuul. De hemoglobine die zo ontstaat, bindt zuurstof en klontert dus niet samen.

De reactie tussen isocyaanzuur en de NH_2 groep van een globineketen kan als volgt worden weergegeven:



- 2p **21** ☐ Geef de structuurformule van de groep die in bovenstaande reactievergelijking met **X** is weergegeven.

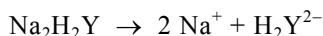
Deze behandeling vermindert de gevolgen van de aanwezigheid van globine β_s in de hemoglobine van mensen met sikkelcel-anemie.

Men zou ook kunnen proberen om ervoor te zorgen dat in het lichaam van lijders aan deze ziekte de aanmaak van globine β_s stopt en in plaats daarvan globine β wordt aangemaakt. Om dat te bereiken zou men in staat moeten zijn de eiwitsynthese te veranderen.

- 2p **22** ☐ Leg uit welke stof die bij de eiwitsynthese is betrokken in dat geval moet worden veranderd.

Let op: de laatste opgave van dit examen staat op de volgende pagina.

Oplossingen van natriumzouten van ethyleendiaminetetra-azijnzuur (EDTA) worden vaak gebruikt bij titraties om het gehalte van sommige metaalionen in een oplossing te bepalen. EDTA is een vierwaardig zwak zuur; het wordt vaak aangeduid met H_4Y . Bij titraties met EDTA maakt men meestal gebruik van een oplossing van het zout Na_2H_2Y . Dit zout is in water als volgt geïoniseerd:



H_2Y^{2-} is een amfolyt en kan dus als zuur en als base reageren.

- 3p **23** ☐ Geef de vergelijking van de reactie waarbij H_2Y^{2-} als zuur met water reageert en ook de vergelijking van de reactie waarbij H_2Y^{2-} als base met water reageert.

Noteer je antwoord als volgt:

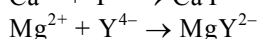
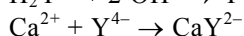
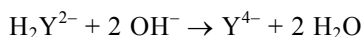
als zuur: ...

als base: ...

Een Na_2H_2Y oplossing kan worden gebruikt ter bepaling van het gehalte aan Ca^{2+} en Mg^{2+} in bijvoorbeeld bronwater. Bij zo'n bepaling reageren de Ca^{2+} ionen en de Mg^{2+} ionen uitsluitend met ionen Y^{4-} .

Ter bepaling van het gehalte aan Ca^{2+} en het gehalte aan Mg^{2+} in een bepaald soort bronwater werden twee titraties met Na_2H_2Y oplossing uitgevoerd. In beide gevallen werd uitgegaan van 250 mL bronwater.

Bij de eerste titratie werd met een bufferoplossing de pH van de te titreren oplossing vooraf op 10,0 gebracht. Tijdens deze titratie traden de volgende reacties op:



Bij de tweede titratie werd met een andere bufferoplossing de pH van de te titreren oplossing vooraf op 12,0 gebracht ($T = 298\text{ K}$). Daarbij sloeg alle Mg^{2+} als magnesiumhydroxide neer. Het neerslag werd afgefiltreerd en het filtraat werd getitreerd.

Bij de eerste titratie was 5,34 mL 0,0122 M Na_2H_2Y oplossing nodig.

Bij de tweede titratie was voor het filtraat 4,72 mL 0,0122 M Na_2H_2Y oplossing nodig.

- 3p **24** ☐ Bereken van het onderzochte bronwater het gehalte aan Ca^{2+} in mg per liter.

- 2p **25** ☐ Bereken van het onderzochte bronwater het gehalte aan Mg^{2+} in mg per liter.

Einde