

Examen VWO

**2024**

tijdvak 1  
dinsdag 21 mei  
13.30 - 16.30 uur

**scheikunde**

Bij dit examen hoort een uitwerkbijlage.

Dit examen bestaat uit 23 vragen.

Voor dit examen zijn maximaal 64 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 deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

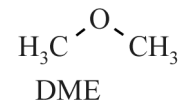
Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Tenzij anders vermeld, is er sprake van standaardomstandigheden:  
 $T = 298 \text{ K}$  en  $p = p_0$ .

## DME uit koolstofdioxide

De stof methoxymethaan (DME, zie de figuur) staat in de belangstelling als brandstof. DME kan namelijk worden gemaakt op basis van uitsluitend koolstofdioxide en waterstof.

**figuur**



In een onderzoek is een voorstel voor een productieproces onderzocht. Dit proces is opgebouwd uit twee opeenvolgende reacties, die hieronder zijn weergegeven.



De vormingswarmte van DME bedraagt  $-1,84 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ .

- 4p **1** Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef de totaalvergelijking van de vorming van DME uit  $\text{CO}_2$  en  $\text{H}_2$ .
  - Bereken de reactiewarmte van deze vorming van DME per mol DME.

Op de uitwerkbijlage bij vraag 4 staat een onvolledig blokschema van de productie van DME volgens het ontwerp van de onderzoekers. In reactor 1 (R1) treedt reactie 1 op. In scheidingsruimte 1 (S1) wordt de stroom gescheiden die afkomstig is uit R1. Water met de bijproducten verlaat S1 aan de onderzijde.

Het methanol dat in R1 is gevormd, wordt doorgevoerd naar reactor 2 (R2). In R2 treedt reactie 2 op.

Zowel in R1 als in R2 heerst een hoge temperatuur. Hierdoor is in beide reactoren de reactiesnelheid hoog. Ook zijn hierdoor de insteltijden van de evenwichten kort.

De druk in beide reactoren is niet gelijk. In R1 moet de druk hoog worden gehouden voor een zo hoog mogelijk rendement.

- 3p **2** Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef de evenwichtsvoorwaarde van reactie 1.
  - Leg uit dat in R1 de druk hoog moet worden gehouden voor een zo hoog mogelijk rendement.

Het mengsel dat afkomstig is uit R2 wordt in scheidingsruimte 2 (S2) gedestilleerd om het DME te scheiden van de rest van het mengsel. Het mengsel wordt in S2 gescheiden in drie fracties: DME, methanol en water.

- 2p **3** Leg uit dat DME het laagste kookpunt heeft van deze drie stoffen. Gebruik hierbij begrippen op microniveau.
- 3p **4** Maak het blokschema op de uitwerkbijlage compleet.
- Teken ontbrekende pijlen en noteer ontbrekende stoffen bij alle pijlen. Houd hierbij rekening met hergebruik van stoffen.
  - Neem aan dat in R2 geen bijproducten ontstaan.
  - Stoffen met een laag kookpunt komen in S2 hoger uit de destillatiekolom dan stoffen met een hoog kookpunt. Gebruik Binas-tabel 42 of ScienceData-tabel 8.3.

In een ander onderzoek is DME bereid volgens reactie 3.



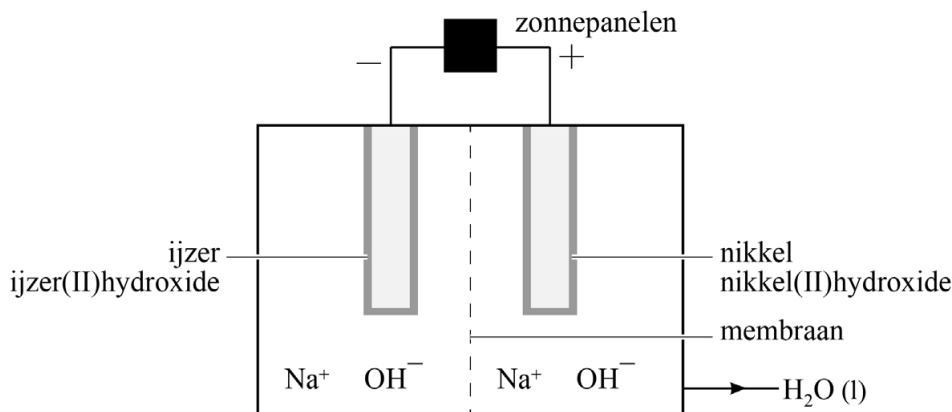
De beginstoffen worden gemengd volgens de verhoudingen die zijn weergegeven in reactie 3. In verschillende experimenten tijdens dit onderzoek lag het rendement tussen 51% en 63%.

- 3p **5** Voer de volgende opdrachten uit:
- Bereken de E-factor van reactie 3 bij een rendement van 63%. Beschouw water hierbij als afval.
  - Leg uit of deze E-factor de minimale of de maximale waarde was in dit onderzoek.

## Battolyser

Onderzoekers van de TU Delft hebben de battolyser ontwikkeld. De battolyser ontleent zijn naam aan twee functies: het is een oplaadbare batterij die kan worden gebruikt voor energieopslag en voor de elektrolyse van water. De vrijgekomen waterstof kan worden gebruikt als brandstof of als grondstof voor de productie van andere (brand)stoffen. In figuur 1 is de battolyser schematisch weergegeven voorafgaand aan het opladen.

figuur 1



Als de batterij wordt opgeladen, wordt aan de linker elektrode ijzer(II)hydroxide omgezet tot onder andere ijzer.

Aan de rechter elektrode wordt nikkel(II)hydroxide omgezet tot onder andere de vaste stof nikkel(III)oxidehydroxide,  $\text{NiO}(\text{OH})$ .

De elektrolyt-oplossing is natronloog. Tijdens de elektrolyse bewegen alleen hydroxide-ionen door het membraan.

- 3p 6 Geef de vergelijkingen van de halfreacties die verlopen tijdens het opladen en geef de totaalvergelijking.
- 2p 7 Leg uit in welke richting de hydroxide-ionen het membraan passeren tijdens het opladen.

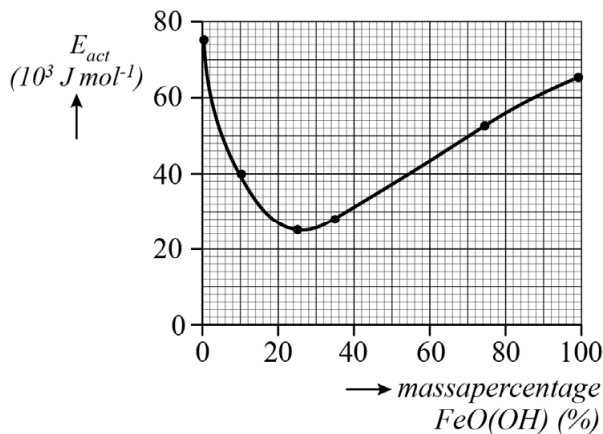
In een volledig opgeladen prototype van de battolyser werd 1,4 kg water gedurende 18 maanden geëlektrolyseerd.

Per molecuul water dat wordt omgezet, worden twee elektronen getransporteerd. Neem aan dat tijdens dit proces alle toegevoerde lading is gebruikt voor de elektrolyse van water.

- 3p 8 Bereken de lading in coulomb die in die periode gemiddeld per seconde is getransporteerd.
- Gebruik onder andere de volgende gegevens:
- Een mol elektronen heeft een lading van  $9,65 \cdot 10^4 \text{ C}$ .
  - Een maand heeft gemiddeld 30 dagen.

De reactiesnelheid van deze elektrolyse van water bleek vooral te worden bepaald door de halfreactie die aan de rechter elektrode verloopt. Het bleek dat de reactiesnelheid veranderde als in het NiO(OH)-laagje op de rechter elektrode ook FeO(OH) aanwezig was. In het onderzoek is de activeringsenergie van de reactie bepaald, afhankelijk van het massapercentage FeO(OH) in het laagje. In figuur 2 zijn de resultaten te zien van enkele experimenten.

**figuur 2**



- 2p 9 Leg uit bij welke waarde van het massapercentage FeO(OH) de reactiesnelheid het hoogst is.

Er zijn momenteel auto's verkrijgbaar die waterstof gebruiken als energiebron. Een van deze auto's heeft een tank met daarin maximaal 6,33 kg waterstof onder hoge druk. Onderzocht wordt of het mogelijk is om de risico's van het gebruik van waterstof te verminderen door de waterstof eerst om te zetten tot methaanzuur. Methaanzuur is een vloeistof die eenvoudig kan worden getankt en vervoerd. In een auto wordt het methaanzuur dan in een reactor omgezet tot waterstof volgens reactie 1.



De ontstane waterstof wordt vervolgens in een brandstofcel geleid om elektrische energie op te wekken.

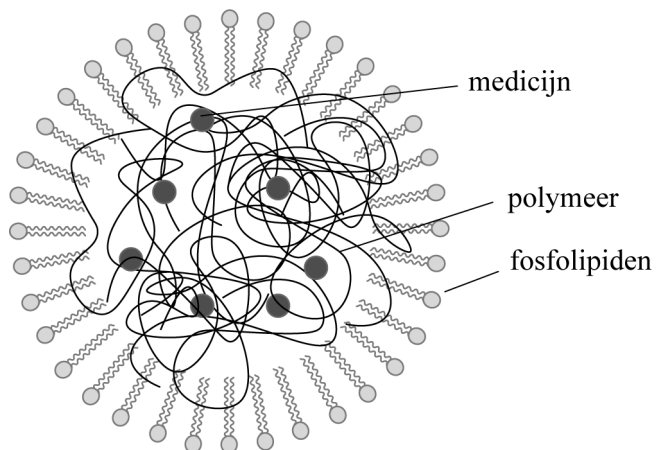
Reactie 1 heeft een rendement van 90,0%. De dichtheid van methaanzuur is  $1,22 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ .

- 5p 10 Bereken het volume in liter methaanzuur dat nodig is om 6,33 kg waterstof te produceren.  
Geef je antwoord in het juiste aantal significante cijfers.

## Microbolletjes

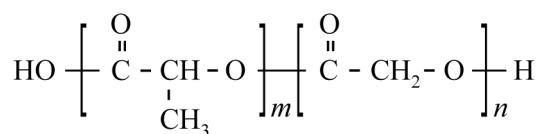
Sommige geneesmiddelen worden ingekapseld in microbolletjes van 0,1 tot 30  $\mu\text{m}$  grootte. In figuur 1 is zo'n microbolletje vereenvoudigd weergegeven. De buitenkant van dit microbolletje bestaat uit fosfolipiden. In dit microbolletje bevindt zich het geneesmiddel, ingekapseld in een specifiek polymeer.

**figuur 1**



In het lichaam worden de fosfolipiden opgenomen. Daarna wordt het polymeer langzaam afgebroken, zodat het geneesmiddel geleidelijk vrijkomt. In figuur 2 is het copolymeer PLGA weergegeven. Dit is een van de weinige synthetische polymeren die zijn goedgekeurd voor deze toepassing. De monomeren van PLGA zijn melkzuur en glycolzuur. Dat zijn lichaamseigen stoffen die door het lichaam kunnen worden afgevoerd.

**figuur 2**



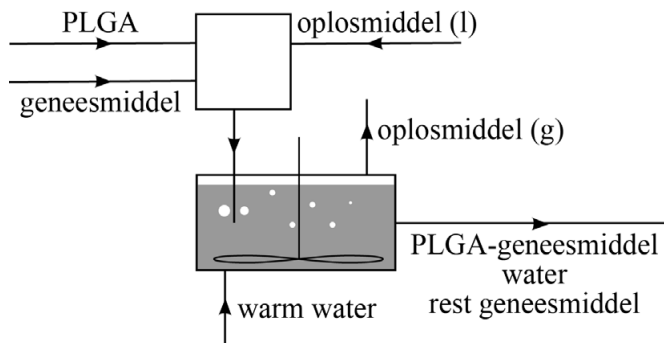
- 3p 11 Maak op de uitwerkbijlage de vergelijking van de volledige hydrolyse van PLGA compleet met de ontbrekende stoffen en coëfficiënten. Gebruik structuurformules voor de koolstofverbindingen.

Een gangbare methode om een geneesmiddel op te sluiten in PLGA verloopt in twee stappen:

- stap 1 Het PLGA en het geneesmiddel worden samen opgelost in een geschikt organisch oplosmiddel.
- stap 2 Onder hevig roeren wordt de oplossing geïnjecteerd in warm water.

In stap 2 ontstaat een suspensie van PLGA met daarin ingekapseld het geneesmiddel (PLGA-geneesmiddel). Het organisch oplosmiddel lost hierbij eerst in het water op, waarna het oplosmiddel snel verdampt en kan worden hergebruikt. Het gehele proces is schematisch weergegeven in figuur 3.

**figuur 3**



In stap 2 wordt het PLGA-geneesmiddel gescheiden van het organisch oplosmiddel en het oplosmiddel wordt gescheiden van water. Deze processen kunnen worden opgevat als scheidingsmethoden.

2p **12** Geef de namen van deze twee scheidingsmethoden.

De 'encapsulation efficiency' (EE) is een belangrijk criterium voor de bruikbaarheid van deze methode om een geneesmiddel in PLGA in te kapselen. De EE wordt uitgedrukt als het percentage van het gebruikte geneesmiddel dat uiteindelijk in het PLGA-geneesmiddel aanwezig is. De EE hangt af van de oplosbaarheid in water van zowel het geneesmiddel als het organisch oplosmiddel in stap 2.

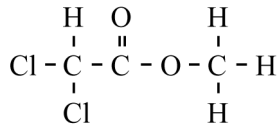
2p **13** Leg uit of de EE relatief hoog of relatief laag is als een geneesmiddel wordt gebruikt met een hoge wateroplosbaarheid. Neem aan dat het gebruikte oplosmiddel niet verandert.

Als oplosmiddel zijn dichloormethaan en tetrachloormethaan met elkaar vergeleken. De oplosbaarheid van deze stoffen in water verschilt. Dit heeft onder andere te maken met het gegeven dat de C-Cl-binding een polaire atoombinding is.

3p **14** Leg uit, aan de hand van de microstructuur van beide oplosmiddelen, welk van de twee oplosmiddelen het best in water kan oplossen. Gebruik hierbij begrippen op microniveau.

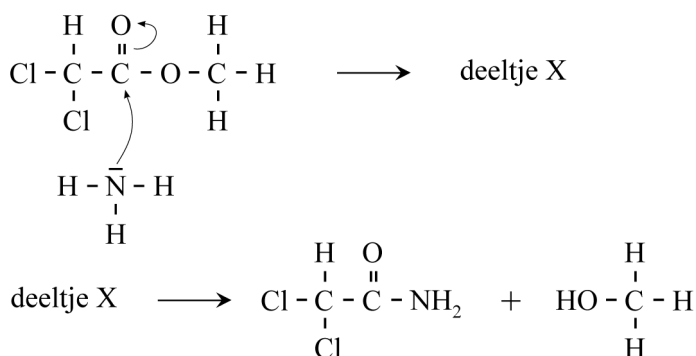
In 2005 heeft een onderzoeksgroep een verbeterde methode gevonden voor het inkapselen van hydrofiële geneesmiddelen in microbolletjes. Bij deze methode wordt ammoniak aan de waterfase toegevoegd. Als organisch oplosmiddel wordt DCEM (zie figuur 4) gebruikt.

**figuur 4**



DCEM is niet goed oplosbaar in water. In contact met een verdunde ammoniak-oplossing ondergaat DCEM echter een zogenaamde ammonolyse. Ammonolyse is vergelijkbaar met hydrolyse. Het mechanisme van deze ammonolyse is in figuur 5 onvolledig weergegeven. In de eerste stap van het mechanisme wordt uitsluitend deeltje X gevormd, dat daarna snel uiteenvalt.

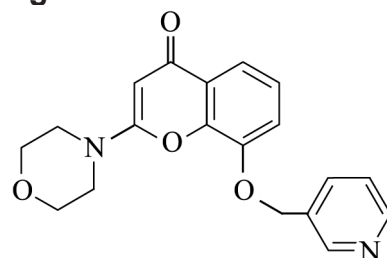
**figuur 5**



- 3p **15** Teken de lewisstructuur van deeltje X. Geef hierbij (de) formele lading(en) aan.

Veel geneesmiddelen zijn zwakke basen of zwakke zuren. De oplosbaarheid in water van deze stoffen hangt daarom onder andere af van de pH. In figuur 6 is de structuurformule van een geneesmiddel weergegeven. Deze stof is een zwakke base.

**figuur 6**



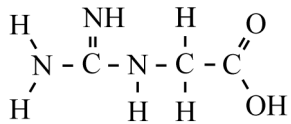
- 2p **16** Leg uit of bij lagere pH de oplosbaarheid in water van deze stof hoger of lager is.



## Creatine

Creatine speelt een belangrijke rol in de energiehuishouding van de spieren en de hersenen. In de biosynthese van creatine wordt onder invloed van het enzym AGAT eerst de stof glycoylamine (zie figuur 1) gevormd uit de aminozuren glycine en arginine.

**figuur 1**



glycoylamine

Bij de vorming van glycoylamine wordt het stikstofatoom van glycine aan een van de koolstofatomen in de restgroep van arginine gekoppeld.

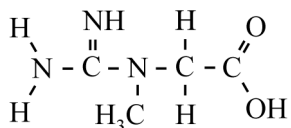
Hierbij ontstaat ook ornithine.

Ornithine is een aminozuur dat niet is vermeld in het informatieboek.

- 2p 17 Teken de structuurformule van ornithine.

De glycoylamine wordt vervolgens omgezet tot creatine (zie figuur 2) onder invloed van het enzym GAMT.

**figuur 2**



creatine

Op de uitwerkbijlage is weergegeven hoe een glycoylamine-deeltje in het actieve centrum van GAMT is gebonden. Bij de heersende pH hebben alle aanwezige carboxylgroepen een  $\text{H}^+$  afgestaan.

Tussen dit glycoylamine-deeltje en GAMT bestaan elektrostatische interacties. Door deze interacties (bindingstypen) heeft het glycoylamine-deeltje een bepaalde ruimtelijke oriëntatie, waardoor de omzetting tot creatine mogelijk wordt.

Neem aan dat vanderwaalsbindingen geen rol spelen in de oriëntatie van het glycoylamine-deeltje.

- 2p 18 Geef op de uitwerkbijlage met stippellijntjes twee interacties/bindingstypen aan tussen het glycoylamine-deeltje en GAMT.
- Nummer beide interacties.
  - Noteer in de tabel de naam van elke interactie.

Bij de omzetting van glycoyamine tot creatine wordt een methylgroep overgedragen van een deeltje SAM naar het deeltje glycoyamine. Op de uitwerkbijlage is het mechanisme van de omzetting van glycoyamine tot creatine onvolledig weergegeven. Het deeltje SAM is hierbij vereenvoudigd weergegeven.

- 2p 19 Voer de volgende opdrachten uit:
- Teken in het omkaderde gedeelte de niet-bindende elektronenparen, waarbij alle atomen voldoen aan de oktetregel.
  - Geef met pijlen weer hoe elektronenparen worden verplaatst tijdens deze omzetting.

Creatine bevindt zich in spieren en de hersenen, om deze snel van energie te kunnen voorzien. Een gezonde man heeft in zijn lichaam gemiddeld een voorraad van 1,7 g creatine per kg lichaamsgewicht. Van deze voorraad wordt gemiddeld 1,9 massaprocent per dag uitgescheiden. Uit metingen is gebleken dat per dag 20 massaprocent van de uitgescheiden creatine rechtstreeks wordt opgenomen uit voeding. De rest wordt door het lichaam aangemaakt uit glycine en arginine (zie ook figuur 4).

- 5p 20 Bereken de massa in gram glycine die een gezonde man van 70 kg dagelijks moet omzetten om de hoeveelheid creatine op peil te houden. **Geef je antwoord in het juiste aantal significante cijfers.**

De aanmaak van creatine kan verstoord zijn doordat het enzym AGAT of het enzym GAMT niet functioneert of zelfs niet aanwezig is in het lichaam. Deze zeldzame erfelijke stofwisselingsziektes zijn bekend als AGAT-deficiëntie en GAMT-deficiëntie.

Een bepaalde GAMT-deficiëntie wordt veroorzaakt doordat het enzym een afwijkende vorm heeft. In de peptideketen van deze GAMT\* is op positie 44 een leucine-eenheid aanwezig waar in gezonde GAMT een arginine-eenheid aanwezig is. Op het afwijkend DNA wijkt hierbij maar één basenpaar af van gezond DNA.

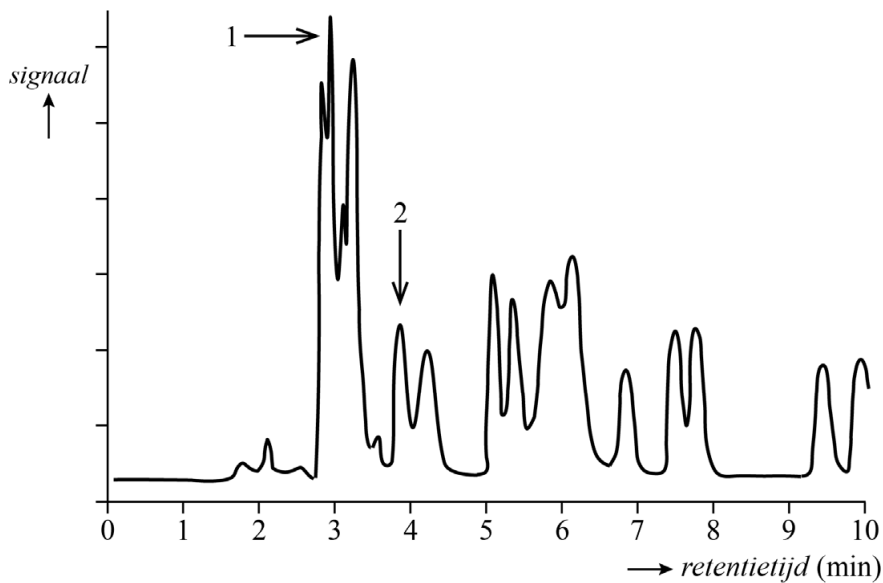
De code voor de eerste aminozuur-eenheid van GAMT begint bij het basenpaar met nummer 1.

- 3p 21 Geef op de uitwerkbijlage de symbolen van het basenpaar waarin de genetische code voor gezonde GAMT verschilt van de code voor GAMT\* en geef het nummer van het afwijkende basenpaar. Gebruik Binas-tabel 71G of ScienceData-tabel 16.9.

Door de gehalten van glycoyamine en creatine te onderzoeken, kan worden onderzocht of er sprake is van een van beide ziektes.

Bij de bepaling van het gehalte creatine wordt soms gebruikgemaakt van chromatografie. In een onderzoek is van een mengsel van bekende stoffen een chromatogram gemaakt. De stationaire fase was hierbij apolair. Dit chromatogram is in figuur 3 weergegeven.

**figuur 3**



In figuur 3 zijn met pijlen twee pieken aangegeven. Een van beide pieken is afkomstig van creatine en de andere van asparaginezuur.

Van deze stoffen is in een ander experiment de verdelingscoëfficiënt  $K_v$  bepaald in een tweelagen-systeem van water en de hydrofobe vloeistof octaan-1-ol. De  $K_v$  is een maat voor de polariteit van een stof. Deze verdelingscoëfficiënt kan worden berekend met formule 1:

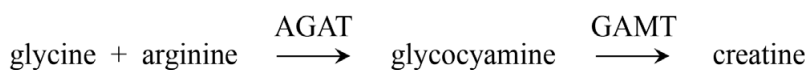
$$K_v = \frac{[\text{stof}]_{\text{octaan-1-ol}}}{[\text{stof}]_{\text{water}}} \quad (\text{formule 1})$$

De waarde van de  $K_v$  van creatine is  $6,3 \cdot 10^{-1}$  en die van asparaginezuur is  $1,3 \cdot 10^{-4}$ .

- 3p **22** Leg uit welke van de twee aangegeven pieken uit figuur 3 hoort bij creatine. Gebruik in je uitleg formule 1.

In figuur 4 is de aanmaak van creatine vereenvoudigd samengevat.

**figuur 4**



Op de uitwerkbijlage staan twee zinnen over de gehalten van glycocyamine en creatine bij AGAT-deficiëntie en bij GAMT-deficiëntie.

- 2p **23** Omcirkel in de zinnen op de uitwerkbijlage steeds de juiste mogelijkheden. Neem hierbij aan dat er geen andere processen invloed hebben op deze gehalten.

---

**Bronvermelding**

Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift.