

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 beantwoording van vraag 24 is een uitwerkbijlage bijgevoegd.
Bij dit examen hoort een informatieboekje.

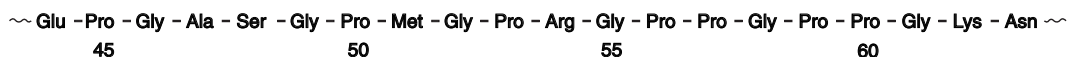
Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

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.

Collageen

Het eiwit collageen komt bij zoogdieren onder andere voor in de huid, botten, pezen, bloedvaten en tanden. Een collageenvezel is opmerkelijk sterk: er is tenminste 10 kg nodig om een vezel met een diameter van 1 mm te laten breken. Een collageenvezel is opgebouwd uit een reeks regelmatig gerangschikte eiwitmoleculen. Een eiwitmolecuul is weer opgebouwd uit drie in elkaar gedraaide polypeptideketens.

De aminozuurvolgorde van een stukje van één van de polypeptideketens van collageen, vlak na de vorming in een cel, is hieronder weergegeven. De nummers van de aminozuren in de keten zijn eronder vermeld. Aminozuur 1 (niet afgebeeld) bevat het NH₂ uiteinde van de polypeptideketen.



- 3p 1 Geef de structuurformule van het stukje uit de polypeptideketen dat bestaat uit de aminozuren met de nummers 51 - 52 - 53.

De sterkte van de collageenvezel is te danken aan verschillende aanpassingen aan de polypeptideketen nadat deze is gevormd. Eén van de aanpassingen die leidt tot versteviging van de collageenvezel is de hydroxylering van het aminozuur proline. Bij dit proces, dat wordt gekatalyseerd door het enzym prolylhydroxylase, worden sommige proline-eenheden voorzien van OH groepen. De aanwezigheid van OH groepen zorgt voor de mogelijkheid tot waterstofbrugvorming tussen verschillende aminozuren in de polypeptideketens, waardoor de vezel aan stevigheid wint. Alleen de proline-eenheden waarvan de carbonzuurgroep aan een glycine-eenheid is gebonden, worden gehydroxyleerd.

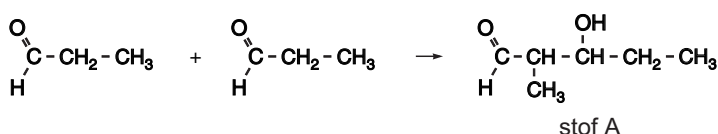
- 2p 2 Formuleer een hypothese waarom alleen de proline-eenheden waarvan de carbonzuurgroep aan een glycine-eenheid is gebonden, worden gehydroxyleerd.

De collageenvezel wordt ook op een andere manier verstevigd, namelijk doordat de zijketens van lysine-eenheden met elkaar reageren onder vorming van dwarsverbindingen. Deze vorming van dwarsverbindingen verloopt via de vorming van een zogenoemd aldol.

Een aldol ontstaat wanneer twee moleculen van een aldehyd onder bepaalde omstandigheden met elkaar reageren. Een aldol wordt gevormd doordat het koolstofatoom *naast* de C=O groep van het ene molecuul bindt aan het koolstofatoom van de C=O groep van het andere molecuul. De C=O groep van dit tweede molecuul wordt uiteindelijk een C-OH groep.

Hieronder is de vorming van een aldol uit twee moleculen propanal in een reactievergelijking weergegeven.

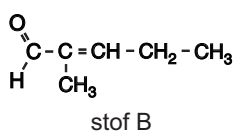
Bij deze reactie wordt een molecuul van stof A gevormd.



- 3p 3 Geef de systematische naam van stof A.

Verbindingen zoals stof A kunnen gemakkelijk water afsplitsen waarbij een C=C binding ontstaat tussen het C-atoom naast de C=O en het C atoom waaraan de OH groep was gebonden.

Uit stof A ontstaat na afsplitsing van water stof B met de volgende structuurformule:

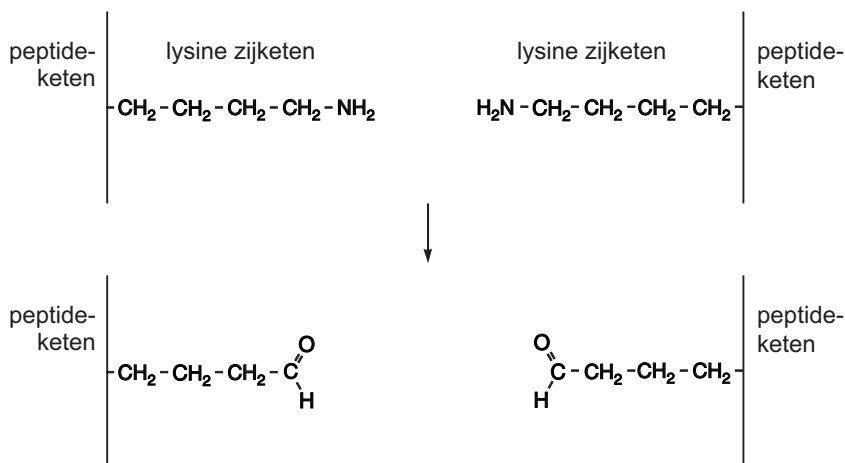


Op grond van structuurkenmerken zijn koolstofverbindingen in een aantal klassen in te delen. Voorbeelden van zulke klassen zijn: koolwaterstoffen, carbonzuren, etc. Stof B is op grond van zijn structuurkenmerken onder te brengen in meerdere klassen van koolstofverbindingen. Zo behoort stof B onder andere tot de aldehyden.

- 2p **4** Noem drie andere klassen van koolstofverbindingen waartoe stof B kan worden gerekend.

De vorming van dwarsverbindingen in collageen uit de zijketens van lysine-eenheden verloopt in drie stappen.

In stap 1 ontstaan twee aldehyden uit de zijketens van twee lysine-eenheden. Hierbij worden de aminogroepen van de zijketens van die twee lysine-eenheden afgesplitst. Dit proces wordt gekatalyseerd door het enzym lisyloxidase. Deze stap van het proces is hieronder schematisch weergegeven:



In stap 2 reageren de aldehydgroepen met elkaar tot een aldol.

In stap 3 wordt tenslotte water afgesplitst.

- 2p **5** Geef de dwarsverbinding die na stap 2 wordt gevormd in structuurformule weer. Geef hierin de peptidketens weer zoals in bovenstaande figuur.
- 2p **6** Geef in structuurformule weer hoe de dwarsverbinding er uitziet nadat stap 3 heeft plaatsgevonden. Geef hierin de peptidketens weer zoals in bovenstaande figuur.

Van het enzym lisyloxidase (dat stap 1 katalyseert) blijken verschillende varianten te bestaan. Deze varianten verschillen in de aminozuursamenstelling van het enzym, zonder dat de werking van het enzym anders is. Bij sommige mensen komt op plaats 158 in de eiwitketen van lisyloxidase het aminozuur arginine (Arg) voor, terwijl bij andere mensen op deze plaats het aminozuur glutamine (Gln) te vinden is. Deze verschillen ontstaan doordat op het DNA in het gen dat codeert voor lisyloxidase op een bepaalde plaats één basenpaar anders is.

Een DNA molecuul is opgebouwd uit twee ketens (strengen): de coderende streng en de matrijsstreng. Aan de matrijsstreng wordt bij de eiwitsynthese het messenger-RNA (m-RNA) gevormd. Onder een gen wordt hier verstaan de verzameling basenparen op het DNA die de informatie voor de volgorde van de aminozuren in een eiwit bevat.

- 2p **7** Leg uit wat het nummer is van het basenpaar dat anders is in het gen voor lisyloxidase. Neem aan dat het basenpaar met nummer 1 tot het triplet behoort dat codeert voor het aminozuur met nummer 1.
- 2p **8** Geef de symbolen van de basen die anders zijn (zie vraag 7) in het gen voor lisyloxidase van de mensen die glutamine in plaats van arginine in de eiwitketen van lisyloxidase hebben. Noteer je antwoord als volgt:
base op de coderende streng: ...
base op de matrijsstreng: ...

Lichaamswater

In natuurlijk waterstof komen twee isotopen voor, H-1 en H-2. De isotoop H-2 heet deuterium en wordt weergegeven met het symbool D. In de tabel staan enkele gegevens van de twee waterstofisotopen.

tabel

	H	D
Atoommassa	1,0078 u	2,0141 u
aanwezig in natuurlijk waterstof	99,985%	0,015%

De atoommassa 1,008 u die vermeld staat in Binas-tabel 104 (4e druk) respectievelijk 99 (5e druk) is het gewogen gemiddelde van de atoommassa's uit bovenstaande tabel. In natuurlijk water komen hoofdzakelijk moleculen H_2O en HDO voor; de hoeveelheid D_2O moleculen is te verwaarlozen. De formule HDO staat voor een watermolecuul bestaande uit een H-1 atoom, een deuteriumatoom en een zuurstofatoom; in een molecuul D_2O zitten twee deuteriumatomen en een zuurstofatoom.

Men kan berekenen dat de concentratie HDO in natuurlijk water 0,017 mol per liter is (20 °C).

- 3p **9** □ Geef die berekening. Gebruik daarbij het gegeven dat van alle waterstofatomen die in de watermoleculen aanwezig zijn, 0,015% deuteriumatomen (D) zijn. De dichtheid van natuurlijk water is $0,998 \text{ kg dm}^{-3}$ (20 °C).

Als mensen een lever- en/of nierziekte hebben, is het soms nodig om te bepalen hoeveel massaprocent water het lichaam bevat. Op basis van de uitkomst van die bepaling kan de medicatie worden vastgesteld. Bij een onlangs ontwikkelde methode om het massapercentage lichaamswater te bepalen, wordt D_2O gebruikt. Deze methode geeft binnen twee uur de uitslag.

Men laat een patiënt een afgewogen hoeveelheid (22 g) D_2O innemen. Met het water dat in het lichaam aanwezig is, treedt de volgende reactie op:



De uitwisseling tussen H en D atomen verloopt snel omdat er ionen bij betrokken zijn. Een klein deel van de moleculen die in water voorkomen, is namelijk geïoniseerd.

- 3p **10** □ Leid de vergelijking $\text{D}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{HDO}$ af door gebruik te maken van de ionisatie van water.

De HDO moleculen verdelen zich over al het water dat in het lichaam aanwezig is. Deze situatie is twee uur na de inname van D_2O bereikt. Overal in het lichaam is dan de concentratie HDO in het lichaamswater verhoogd. Als gevolg daarvan is de concentratie HDO in de waterdamp van de uitgeademde lucht ook verhoogd.

De concentratie HDO in uitgeademde lucht kan worden gemeten. Daartoe worden H_3O^+ ionen aan de uitgeademde lucht toegevoegd. Aan de H_3O^+ ionen binden zich drie watermoleculen waardoor er ionen $\text{H}_3\text{O}^+(\text{H}_2\text{O})_3$ ontstaan.

De structuur van het H_3O^+ ion is in de onderstaande tekening schematisch weergegeven:



In de gevormde ionen $\text{H}_3\text{O}^+(\text{H}_2\text{O})_3$ komen polaire atoombindingen en waterstofbruggen voor.

- 2p **11** Geef in een tekening weer hoe in het ion $\text{H}_3\text{O}^+(\text{H}_2\text{O})_3$ de drie watermoleculen aan het H_3O^+ ion kunnen zijn gebonden. Teken daarbij:
- de watermoleculen in structuurformule
 - polaire atoombindingen met ononderbroken lijntjes (—)
 - waterstofbruggen met stippellijntjes (---)
 - de watermoleculen rechtstreeks aan het H_3O^+ ion.

In de uitgeademde lucht zijn na toevoeging van de H_3O^+ ionen ook ionen met de formule $\text{H}_3\text{O}^+(\text{H}_2\text{O})_2(\text{HDO})$ aanwezig. Het gehalte $\text{H}_3\text{O}^+(\text{H}_2\text{O})_2(\text{HDO})$ kan worden gemeten.

Bij een patiënt van wie de hoeveelheid lichaamswater op bovengenoemde manier wordt bepaald, is het gehalte $\text{H}_3\text{O}^+(\text{H}_2\text{O})_2(\text{HDO})$ in de uitgeademde lucht verhoogd. Uit de factor waarmee het gehalte $\text{H}_3\text{O}^+(\text{H}_2\text{O})_2(\text{HDO})$ is verhoogd door het innemen van 22 g D_2O , kan men de toename berekenen van het aantal mol HDO per liter lichaamswater.

Bij zo'n bepaling is van een patiënt van 65 kg, twee uur na de inname van 22 g D_2O , het gehalte $\text{H}_3\text{O}^+(\text{H}_2\text{O})_2(\text{HDO})$ in de uitgeademde lucht 4,4 keer zo groot geworden. Dat betekent dat het aantal mol HDO per liter lichaamswater ook 4,4 keer zo groot is geworden.

- 2p **12** Bereken het aantal mol HDO dat uit 22 g D_2O wordt gevormd.

- 3p **13** Bereken het massapercentage lichaamswater van de patiënt van 65 kg. De dichtheid van lichaamswater bij 37 °C is $0,993 \text{ kg dm}^{-3}$. Ga ervan uit dat:
- de hoeveelheid HDO die het lichaam verlaat gedurende de twee uur die het onderzoek duurt te verwaarlozen is;
 - de concentratie HDO in normaal lichaamswater bij 37 °C $0,017 \text{ mol L}^{-1}$ is.

Bij een patiënt die het bovenbeschreven onderzoek heeft ondergaan, neemt de verhoogde concentratie HDO in het lichaamswater langzaam af. Bij een normaal leefpatroon is de tijd waarin de helft van de extra hoeveelheid HDO moleculen wordt uitgescheiden ongeveer 12 dagen. Het duurt dus ruim drie maanden voordat de concentratie HDO in het lichaamswater weer op het oorspronkelijke niveau is. Bij sommige patiënten kan het nodig zijn om binnen drie maanden na de eerste bepaling opnieuw het massapercentage lichaamswater te bepalen.

- 2p **14** Leg uit of het mogelijk is om kort na de eerste bepaling (bijvoorbeeld binnen een maand) opnieuw het massapercentage lichaamswater correct te bepalen door inname van D_2O .

Papier bestaat hoofdzakelijk uit cellulose. In papier is ook water aanwezig. Cellulose wordt door water langzaam gehydrolyseerd. H^+ ionen versnellen dit proces. Papier kan door de afbraak van cellulose uit elkaar vallen. Inktsoorten uit vroegere tijden bevatten vaak opgeloste ijzer(III)zouten. In het water dat in papier aanwezig is, zijn daarom gehydrateerde Fe^{3+} ionen, $Fe(H_2O)_6^{3+}$, aanwezig. Deze gehydrateerde ionen gedragen zich als een zwak zuur (zie Binas-tabel 49). Daardoor treedt vooral op plaatsen waar een oude inktsoort op het papier aanwezig is, een versnelde afbraak van de cellulose op. Onder de inkt wordt de cellulose dikwijls zo sterk aangetast dat het papier er helemaal verdwijnt. De inkt vreet zich door het papier heen. Dit verschijnsel staat bekend als inktvraat.

- 3p **15** □ Geef de vergelijking van de reactie waarmee kan worden verklaard dat een oplossing die $Fe(H_2O)_6^{3+}$ ionen bevat, zuur is.

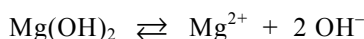
Hoewel papier geen oplossing is, kent men aan papier toch een pH toe. De pH van papier wordt wereldwijd op dezelfde manier gemeten: 2,00 gram papier wordt in zeer kleine stukjes geknipt. Deze hoeveelheid materiaal wordt gedurende één uur geëxtraheerd met 100,0 mL gedestilleerd water. Na het verwijderen van de stukjes papier wordt direct de pH gemeten.

Met behulp van bovenstaande methode heeft men gemeten dat de pH van het papier van een bepaald boek 5,10 is. Het boek bevatte 250 gram papier.

- 3p **16** □ Bereken hoeveel mmol H^+ aanwezig is in het papier van dat boek. Neem aan dat alle H^+ uit het papier is opgelost in de 100,0 mL water en dat alle H^+ in de oplossing afkomstig is van het papier.

Als het zuur in het papier met een base wordt geneutraliseerd voordat de inkt zich door het papier heeft gevretten, gaat het papier langer mee. Dit effect wordt nog versterkt wanneer op en in het papier een extra voorraad van die base wordt aangebracht. Men spreekt dan van een alkalische reserve.

Bij een moderne ontzuringsmethode van papier, de bookkeepermethode, gebruikt men magnesiumoxide. Bij deze methode wordt tevens het water uit het papier verwijderd. Na de behandeling neemt het papier langzaam weer water op. Een deel van het aangebrachte magnesiumoxide reageert met dit water en wordt omgezet tot magnesiumhydroxide. Het magnesiumhydroxide lost gedeeltelijk op in het water in het papier. In het papier ontstaat zo een verzadigde oplossing van magnesiumhydroxide, waarin zich het volgende heterogene evenwicht heeft ingesteld:



De evenwichtsvoorwaarde voor dit evenwicht luidt: $[Mg^{2+}][OH^-]^2 = K_s$.

De evenwichtsconstante voor dit evenwicht wordt het oplosbaarheidsproduct genoemd en staat vermeld in Binas-tabel 46.

Teveel vrije OH^- ionen bevorderen, net als H^+ ionen, de afbraak van cellulose in papier. Daarom mag na de behandeling de pH van het papier niet te hoog zijn. De bookkeepermethode voldoet aan die voorwaarde, omdat de pH van een verzadigde oplossing van magnesiumhydroxide niet hoger kan zijn dan 10,4.

- 4p **17** □ Bereken de pH van een verzadigde oplossing van magnesiumhydroxide (298 K).

De alkalische reserve wordt uitgedrukt als het massapercentage MgO in het papier. Het is de bedoeling dat papier dat met de boekkeepermethode is ontzuurd, na de behandeling minimaal een alkalische reserve van 0,60 massaprocent magnesiumoxide heeft. Van iedere partij ontzuurd papier wordt direct na de behandeling dit massapercentage bepaald. Het voorschrift van deze bepaling luidt als volgt:

voorschrift

Weeg 1,0 g van het ontzuurde papier af.
Breng het over in een erlenmeyer en pipetteer hierbij 20,0 mL 0,100 M zoutzuur.
Zorg ervoor dat alle basische stoffen uit het papier hebben gereageerd.
Titreer daarna het overgebleven zoutzuur met 0,100 M natronloog.
Noteer het aantal mL toegevoegde natronloog.

Bij zo'n bepaling was voor de titratie van het overgebleven zoutzuur 16,7 mL natronloog nodig.

- 5p **18** Ga door berekening na of in het ontzuurde papier inderdaad 0,60 massaprocent (of meer) aan magnesiumoxide aanwezig is.

Na enige tijd is een deel van het in het papier aanwezige MgO en Mg(OH)₂ door koolstofdioxide uit de lucht omgezet tot MgCO₃.

- 3p **19** Leg uit of ten gevolge van deze omzettingen het aantal mmol H⁺ dat in een bladzijde van een boek kan worden geneutraliseerd minder wordt, gelijk blijft, of toeneemt.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Huilfactor in uien

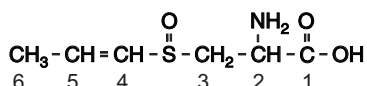
Deze opgave gaat over het artikel ‘Japanners ontdekken enzym dat tranen trekt bij uien snijden’ uit NRC Handelsblad. Een deel van dit artikel is afgedrukt in het informatieboekje dat bij dit examen hoort. Lees het artikel en beantwoord vervolgens de vragen.

In het artikel is beschreven welke reactie optreedt wanneer LF in aanraking komt met water.

- 4p **20** □ Geef de vergelijking van deze reactie. Noteer hierin de ontstane zuren in ongeïoniseerde vorm en de organische stoffen in structuurformules; de structuurformule van LF is $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{S} = \text{O}$.

In de volledige naam van PRENCISO (regel 15) komen aanduidingen voor die betrekking hebben op de ruimtelijke structuur van een PRENCISO molecuul.

Hieronder is de structuurformule van PRENCISO weergegeven. Hierin zijn de koolstofatomen voorzien van een nummer.



- 3p **21** □ Noem de twee aanduidingen die betrekking hebben op de ruimtelijke structuur van PRENCISO en geef bij elke aanduiding aan op welk structuuronderdeel deze betrekking heeft. Maak hierbij gebruik van de hierboven weergegeven nummering van de koolstofatomen.

In het artikel worden twee manieren genoemd die ervaren koks gebruiken om de “tranenvloed te kunnen keren”.

- 2p **22** □ Verklaar voor elk van deze twee manieren waarom deze helpt tegen de tranenvloed.

Aan het eind van het artikel (regels 25-27) wordt een conclusie vermeld die de Japanse onderzoekers zouden hebben getrokken uit verschillende experimenten. De resultaten van deze experimenten zijn gepubliceerd in *Nature*. Ze zijn wat betreft de LF vorming samengevat in figuur 1 in het informatieboekje dat bij dit examen hoort. Op basis van hun onderzoeken hebben de Japanners ook een schema opgesteld van de reacties die plaatsvinden wanneer uien worden gesneden. Dit schema staat afgebeeld in figuur 2 van het informatieboekje. Voor hun experimenten beschikten de Japanse onderzoekers over oplossingen van PRENCISO, van LFS en van AL (= alliinase-extract, zonder LFS, uit uien). De conclusie die in het artikel in NRC Handelsblad is vermeld (regels 25-27), is niet geheel in overeenstemming met het schematische overzicht van figuur 2: LFS zet namelijk PRENCISO niet om.

- 2p **23** □ Verbeter de zin uit de regels 25-27 zo dat de vorming van de “moleculaire tranentrekker” wel juist wordt verklaard.

Het thiosulfinaat dat eveneens wordt gevormd wanneer uien worden gesneden, is verantwoordelijk voor de geur en de smaak van de uien. De hoeveelheden thiosulfinaat die bij de experimenten van de Japanse onderzoekers zijn gevormd, kunnen ook in een figuur als figuur 1 worden samengevat. Op de uitwerkbijlage is de aanzet voor zo’n figuur gegeven.

- 3p **24** □ Teken in de figuur op de uitwerkbijlage schematisch de hoeveelheden thiosulfinaat die bij de experimenten van de Japanse onderzoekers zijn gevormd.

- 2p **25** □ Geef een verklaring voor het gestelde in de regels 3-5 van het artikel uit NRC Handelsblad.

Einde