

Kwik

In sommige kwikzouten komt de ionsoort Hg_2^{2+} voor.

- 2p **1** Hoeveel protonen en hoeveel elektronen heeft een Hg_2^{2+} ion?

Noteer je antwoord als volgt:

aantal protonen: ...

aantal elektronen: ...

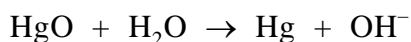
Kalomel is een voorbeeld van een zout waarin Hg_2^{2+} ionen voorkomen. Kalomel bestaat uitsluitend uit Hg_2^{2+} ionen en chloride-ionen.

- 2p **2** Geef de formule van kalomel.

Er zijn ook kwikzouten waarin de ionsoort Hg^{2+} voorkomt, bijvoorbeeld kwik(II)oxide. Kwik(II)oxide wordt als positieve elektrode gebruikt in kwikbatterijen. De negatieve elektrode bestaat uit zinkamalgam, een mengsel van de metalen zink en kwik. Zink en kwik kunnen allebei als reductor reageren met Hg^{2+} . Bij stroomlevering door de batterij reageert echter slechts één van deze twee metalen als reductor.

- 2p **3** Beredeneer welk van de metalen zink of kwik bij stroomlevering als reductor reageert.

Bij stroomlevering vindt aan de positieve elektrode van de kwikbatterij de halfreactie plaats waarvan hieronder de vergelijking onvolledig is weergegeven.



In deze vergelijking zijn de elektronen (e^-) en de coëfficiënten weggelaten.

- 3p **4** Neem deze onvolledige vergelijking over, zet e^- aan de juiste kant van de pijl en maak de vergelijking kloppend.

Schone Schelde

In de bijlage bij dit examen is een artikel opgenomen over de waterkwaliteit van de rivier de Schelde.

Lees dit artikel en beantwoord de volgende vragen.

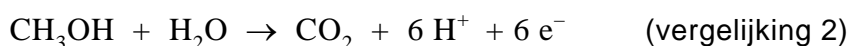
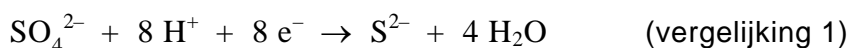
- 2p **5** Leg uit of de uitspraak over zuurstof in regel 16 in overeenstemming is met de gegevens in Binas-tabel 44.

In de regels 16 tot en met 19 wordt vermeld dat de concentraties van de zware metalen toenemen wanneer het zuurstofgehalte toeneemt.

Op een andere plaats in het artikel wordt een verklaring gegeven voor de hogere concentraties zware metalen in de winter.

- 1p **6** Geef de regelnummers van de zin waarin deze verklaring wordt gegeven.

De processen die in de regels 20, 21 en 22 staan beschreven, zijn redoxreacties. Bij de afbraak van bijvoorbeeld de organische stof methanol treden de volgende halfreacties op:



- 2p **7** Welke van de twee vergelijkingen geeft de halfreactie van de oxidator weer? Motiveer je antwoord.

- 3p **8** Stel met behulp van de vergelijkingen 1 en 2 de vergelijking van de totale redoxreactie op.

In de regels 22 en 23 ("Die sulfides ... in slib") beschrijft Zwolsman reacties die in de Westerschelde kunnen optreden.

- 3p **9** Geef de vergelijking van een mogelijke reactie die door Zwolsman in de regels 22 en 23 kan zijn bedoeld. Maak hierbij ook gebruik van gegevens uit de regels 10 en 11.

Het onderstaande artikel bevat informatie voor de vragen 5 tot en met 9.

Schone Schelde

Schone Schelde haalt oud vuil boven

- Eind jaren tachtig van de vorige eeuw stond de Schelde te boek als de meest vervuilde rivier van West-Europa. Onder politieke druk heeft de industrie drastische zuiveringsmaatregelen genomen. Daardoor is tussen 1987 en 1996 de lozing van zware metalen afgenomen en is het
- 5 zuurstofgehalte in de rivier toegenomen, meldt dr. Gertjan Zwolsman, werkzaam bij het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling.
- Zwolsman ontdekte echter een vervelend neveneffect. Met het toegenomen zuurstofgehalte worden er meer zware metalen uit het zwevende stof en slib
- 10 opgelost in het water. In 1996 zat er evenveel zink en cadmium in het water van de Westerschelde als in 1987, en zelfs meer koper. Niet alleen de industrie, maar vooral het slib is nu de oorzaak van de watervervuiling. Zwolsman zag in de jaren tachtig al opmerkelijke verschillen in de concentraties zware metalen in de zomer en in de winter in de
- 15 Westerschelde.
- „In de winter bevat de rivier meer zuurstof, en bleken de gehalten opgeloste zware metalen hoger dan in de zomer,” zegt Zwolsman. „Ik voorspelde toen al dat wanneer het zuurstofgehalte over de gehele linie zou toenemen, de gehalten zware metalen in het water ook zouden stijgen.”
- 20 In een verstoord watersysteem gebruiken micro-organismen bij gebrek aan zuurstof onder meer sulfaat om te ademen en organisch materiaal af te breken. Daardoor ontstaan sulfide-ionen. „Die sulfides hebben de eigenschap opgeloste metalen te vangen en vast te leggen in slib,” zegt Zwolsman. „Gaat het zuurstofgehalte daarna omhoog, dan worden de
- 25 metaalsulfides geoxideerd tot sulfaten en komen de metalen weer vrij in het water.”

naar: de Volkskrant

LPG

Vijf procent van de auto's in Nederland gebruikt LPG (autogas) als brandstof. In een artikel over LPG staat het volgende:

tekstfragment 1

Wat is LPG?

LPG staat voor Liquefied Petroleum Gas. Het kan gebruikt worden als een relatief schonere brandstof voor auto's dan benzine of diesel. LPG komt vrij bij het verwerken van aardolie en bij de winning van aardgas. LPG is onder hoge druk vloeibaar gemaakt. Het wordt als vloeistof getankt, maar komt als gas in de motor. LPG is een mengsel van voornamelijk butaan en propaan.

naar: de Volkskrant

In tekstfragment 1 wordt beschreven dat LPG onder andere vrijkomt bij het verwerken van aardolie. Zowel bij het destilleren als bij het kraken van aardolie wordt LPG verkregen.

- 1p **10** Noem een verschil tussen destilleren en kraken.
- 3p **11** Geef de volledige verbranding van LPG weer in één reactievergelijking. Neem hierbij aan dat in LPG alleen C_4H_{10} en C_3H_8 aanwezig zijn.

Hieronder is een gedeelte van de veiligheidskaart van LPG weergegeven.

liquefied petroleumgas		LPG		C_3H_8 en C_4H_{10}	
FYSISCHE EIGENSCHAPPEN		BELANGRIJKE GEGEVENS			
Kookpunt, °C	ca. -20	KLEURLOOS ONDER DRUK TOT VLOEISTOF VERDICHT GAS			
Smeltpunt, °C	ca. -160				
Explosiegrenzen, volume% in lucht	1,5 - 10	MAC-waarde	1000 ppm	1800 mg/m ³	
Relatieve dichtheid (water = 1)	ca. 0,6	Wijze van opname/inademingsrisico: De stof kan worden opgenomen in het lichaam door inademing.			
Oplosbaarheid in water	niet				
Relatieve molecuulmassa	ca. 50	Directe gevolgen: Door snel verdampen kan de vloeistof bevrozing veroorzaken. In aanzienlijke concentraties kan de stof aanleiding geven tot bewustzijnsverlaging.			

In tekstfragment 1 staan namen van stoffen die in LPG voorkomen. Op de veiligheidskaart zijn twee molecuulformules gegeven. In feite staan deze molecuulformules voor drie stoffen; de twee die in tekstfragment 1 worden genoemd en nog een derde stof.

- 2p **12** Geef de structuurformules van deze drie stoffen.

Zoals blijkt uit tekstfragment 1 wordt LPG als vloeistof getankt en komt het als gas in de motor. Bij dit verdampen worden bindingen verbroken.

- 1p **13** Geef de naam van het type binding dat hierbij wordt verbroken.

Uit een gegeven op de veiligheidskaart van LPG kan worden afgeleid of het verdampen van LPG een exotherm of een endotherm proces is.

- 2p **14** Noem dit gegeven en leg uit of het verdampen van LPG een exotherm of een endotherm proces is.

Het massapercentage propaan in LPG is 's winters anders dan 's zomers. LPG met een samenstelling die 's zomers wordt gebruikt, zou 's winters problemen kunnen geven bij het verdampen. Daarom is het gehalte van de stof met het laagste kookpunt 's winters hoger dan 's zomers.

- 2p **15** Beredeneer of het massapercentage propaan in LPG 's winters groter of kleiner is dan 's zomers.

In een ander deel van het artikel over LPG staat het volgende:

tekstfragment 2

Is LPG gevaarlijk?

Ja, want LPG is uiterst brandbaar en explosief. Als vloeibaar LPG vrijkomt, dijt het tot 270 keer zijn oorspronkelijk volume uit. Zodra deze gaswolk vlam vat, wordt die nog eens zeven keer groter. Hierbij kan een drukgolf ontstaan die schade aan de omringende gebouwen veroorzaakt. De kans op branden in de omgeving is groot.

naar: de Volkskrant

Op de veiligheidskaart is aangegeven tussen welke volumepercentages van LPG in lucht er gevaar voor explosie bestaat.

Een auto met een lekke LPG-tank staat geparkeerd in een garage. De inhoud van de garage is 45 m^3 .

- 4p **16** Bereken hoeveel liter vloeibare LPG minstens uit de lekkende tank moet verdampen om explosiegevaar te veroorzaken.
Gebruik daarbij gegevens van de veiligheidskaart en uit tekstfragment 2.
Ga ervan uit dat er geen LPG uit de garage verdwijnt en dat de gehele garage wordt gevuld met het explosieve gasmengsel.

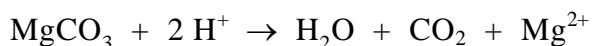
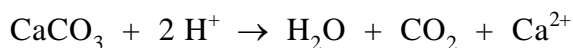
Maagtablet

Het maagsap dat door de cellen in de wand van de maag wordt afgescheiden, bestaat uit zoutzuur waarin een kleine hoeveelheid andere stoffen is opgelost. De $[H^+]$ in dit maagsap is $0,17 \text{ mol L}^{-1}$ ($\text{pH} = 0,77$). In de maag wordt het zuur verdund door het aanwezige voedsel. Daardoor neemt de pH van het zoutzuur toe tot een waarde tussen 1,2 en 2,0.

- 2p **17** Bereken hoeveel keer het zoutzuur wordt verdund wanneer de pH toeneemt van 0,77 tot 1,60.

Sommige mensen hebben last van „brandend” maagzuur. Om dit tegen te gaan, kan men een zogenoemd maagmiddel innemen. Uit de bijsluiter van één van deze middelen blijkt dat de werkzame bestanddelen in het betreffende middel calciumcarbonaat (6,80 mmol per tablet) en magnesiumcarbonaat (0,95 mmol per tablet) zijn.

De werking van het maagmiddel berust op de reactie van de werkzame bestanddelen met het zuur in de maag:



- 3p **18** Bereken hoeveel mL 0,0600 M zoutzuur op deze manier maximaal kan reageren met de werkzame bestanddelen die in één tablet aanwezig zijn.

In de bijsluiter staat ook: „Om een snelle werking te verkrijgen, de tablet fijnkauwen.”

- 2p **19** Geef een verklaring voor het gegeven dat door het fijnkauwen van de tablet een snellere werking wordt verkregen. Gebruik daarbij het botsende-deeltjes-model.

Edith wil experimenteel bepalen met hoeveel zoutzuur een tablet van het betreffende middel kan reageren. Zij heeft een aantal tabletten en een hoeveelheid 0,0600 M zoutzuur. Zij schenkt 500 mL van het zoutzuur in een bekeerglas en voegt hieraan een fijngekmaakte tablet toe.

In het verslag van Edith over het verdere verloop van dit experiment staat onder andere het volgende:

Het duurde ongeveer een kwartier voordat alle stukjes van de tablet helemaal waren verdwenen. Om te bepalen hoeveel opgelost HCl nog in het bekeerglas aanwezig was, heb ik de oplossing eerst even gekookt. Daardoor gaat het koolstofdioxide er uit. Na afkoelen heb ik 5 druppels broomthymolblauw als indicator toegevoegd. Om de oplossing te neutraliseren, heb ik vervolgens druppelsgewijs 1,00 M natronloog uit een injectiespuit toegevoegd. Na toevoegen van 14,8 mL was de oplossing net van kleur veranderd. Er was dus na de reactie van de tablet met zoutzuur nog 14,8 mmol opgelost HCl over.

Berekening

In het bekeerglas gedaan (500 mL 0,0600 M zoutzuur): A mmol opgelost HCl
Over na de reactie van de tablet met zoutzuur: 14,8 mmol opgelost HCl
Dus heeft gereageerd met de carbonaationen: B mmol opgelost HCl
B mmol opgelost HCl heeft gereageerd met C mmol carbonaationen.

De vragen 20 tot en met 23 gaan over dit onderzoek.

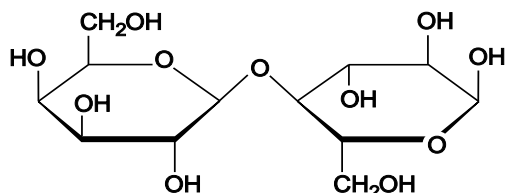
- 2p **20** Welke kleur heeft broomthymolblauw in dit onderzoek voordat de oplossing is geneutraliseerd en welke kleur heeft broomthymolblauw wanneer de oplossing neutraal is?
Noteer je antwoord als volgt:
kleur voordat de oplossing is geneutraliseerd: ...
kleur wanneer de oplossing neutraal is: ...
- 2p **21** Geef de vergelijking van de reactie die optreedt tijdens het toevoegen van de natronloog.
- 3p **22** Welke getallen moeten bij A, B en C worden ingevuld in het verslag van Edith?
Noteer je antwoord als volgt:
bij A: ...
bij B: ...
bij C: ...

In de maagtablet is zowel calciumcarbonaat als magnesiumcarbonaat aanwezig. De reden van het gebruik van een mengsel van deze twee carbonaten staat niet in de bijsluiters. Een mogelijke reden zou kunnen zijn dat één van de carbonaten een snellere werking heeft dan de andere. Op die manier kan het sneller werkende carbonaat meteen verlichting geven, waarna het andere carbonaat ervoor zorgt dat de werking nog enige tijd voortduurt. Joke krijgt de opdracht om te onderzoeken of calciumcarbonaat inderdaad een andere reactiesnelheid met een zure oplossing heeft dan magnesiumcarbonaat.

- 3p **23** Beschrijf een manier waarop Joke te werk kan gaan om dit onderzoek uit te voeren.

Lactulose

In melk komt lactose voor. Lactose is een disacharide met de volgende schematische structuurformule:

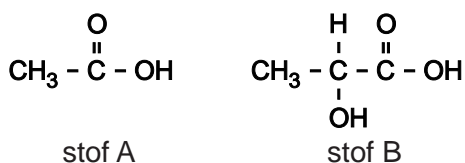


Lactose kan in de dunne darm, wanneer daar het enzym lactase aanwezig is, worden gehydrolyseerd tot twee monosachariden. De ontstane monosachariden kunnen vervolgens worden opgenomen in het lichaam. Bovenstaande structuurformule van lactose is ook weergegeven op de uitwerkbijlage.

- 3p **24** Geef op de uitwerkbijlage de reactievergelijking in structuurformules van de hydrolyse van lactose. Ga daarbij uit van de al gegeven structuurformule van lactose en geef de reactieproducten in vergelijkbare structuurformules.

Bij 10% van de blanke West-Europeanen tot 90% van de Aziaten blijkt het enzym lactase niet of onvoldoende in de dunne darm aanwezig te zijn. Ten gevolge daarvan veroorzaakt voeding die lactose bevat bij deze mensen darmklachten.

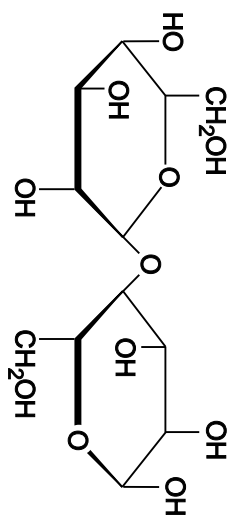
Bij de bereiding van kaas uit melk komt lactose (bijna) niet in de kaas terecht: lactose is bij de kaasbereiding een bijproduct. Een van de nuttige producten die uit lactose wordt gemaakt, is lactulose. Lactulose is net als lactose een disacharide met de molecuulformule $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$. Het wordt als middel gegeven bij verstopping van de dikke darm. Lactulose wordt niet afgebroken in de mond, in de maag of in de dunne darm. In de dikke darm wordt lactulose door darmbacteriën omgezet tot de stoffen met de volgende structuurformules:



- 2p **25** Geef de systematische naam van stof A.

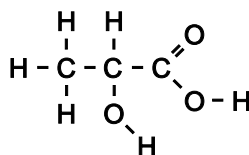
uitwerkbijlage

24

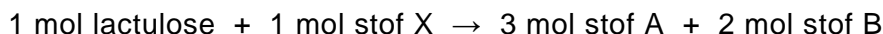


uitwerkbijlage

27



De vergelijking van de omzetting van lactulose onder invloed van darmbacteriën kan schematisch (in woorden) met de volgende vergelijking worden weergegeven:



- 2p **26** Wat is de formule van stof X? Laat zien hoe je aan je antwoord komt.

De werking van lactulose als middel tegen verstopping van de dikke darm berust volgens een voorlichtingsfolder op het vasthouden van water door de stoffen A en B. Dit komt door de vorming van waterstofbruggen. Door het vasthouden van water neemt het volume van de darminhoud toe en wordt de ontlasting zachter. Op de uitwerkbijlage is een structuurformule van stof B gegeven.

- 2p **27** Laat op de uitwerkbijlage aan de hand van een tekening zien hoe twee watermoleculen door middel van waterstofbruggen gebonden kunnen zijn aan een molecuul van stof B. Teken de watermoleculen in structuurformule en geef met ... de waterstofbruggen weer.

Het ontstaan van de stoffen A en B uit lactulose zorgt ook voor een verandering van de pH van de darminhoud. Zowel het grotere volume van de darminhoud als de verandering van de pH hebben tot gevolg dat de darmen geprikkeld worden om harder te werken.

- 2p **28** Leg uit of door het ontstaan van de stoffen A en B uit lactulose de pH van de darminhoud hoger of lager wordt.

Titaanwit

De kleurstof die tegenwoordig in witte verf het meest wordt toegepast, is TiO_2 , een witte vaste stof. De grondstof voor de industriële bereiding van TiO_2 is FeTiO_3 . Voor de productie van TiO_2 uit FeTiO_3 zijn twee processen bekend: het sulfaatproces en het chlorideproces.

Bij het sulfaatproces laat men FeTiO_3 reageren met zwavelzuur. Deze reactie kan worden weergegeven met de volgende vergelijking:



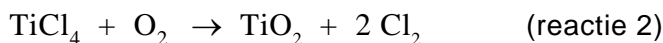
Een nadeel van het sulfaatproces is dat een grote hoeveelheid afvalzuur ontstaat, doordat een overmaat zwavelzuur wordt gebruikt. Per ton FeTiO_3 wordt $6,8 \cdot 10^3$ mol zwavelzuur toegevoegd ($1,0 \text{ ton} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg}$).

- 3p **29** Bereken hoeveel mol zwavelzuur overblijft per ton omgezet FeTiO_3 .

Omdat bij het sulfaatproces zoveel afval ontstaat, heeft men het chlorideproces ontwikkeld. Het chlorideproces bestaat uit twee stappen. In de eerste stap laat men FeTiO_3 reageren met chloorgas en koolstof. De vergelijking van de reactie bij deze eerste stap is hieronder onvolledig weergegeven. Alleen de coëfficiënten ontbreken.



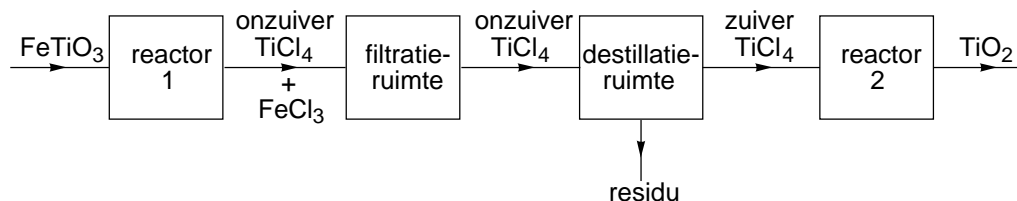
Bij deze reactie ontstaat een suspensie van vast FeCl_3 en vloeibaar TiCl_4 . Het FeCl_3 wordt door filtratie uit deze suspensie verwijderd. Het filtraat, dat voornamelijk uit TiCl_4 bestaat, wordt door destillatie gezuiverd. Vervolgens laat men het zuivere TiCl_4 in de tweede stap van het chlorideproces reageren met zuurstof:



Het chloorgas dat bij reactie 2 vrijkomt, wordt opnieuw gebruikt in reactie 1. Bij reactie 2 komt minder chloorgas vrij dan bij reactie 1 nodig is. Daarom moet bij het chlorideproces voortdurend vanuit een opslagtank chloorgas worden toegevoerd.

- 2p **30** Neem de vergelijking van reactie 1 over en vul de juiste coëfficiënten in.
 2p **31** Leg uit hoeveel mol chloorgas per mol TiO_2 vanuit een opslagtank moet worden toegevoerd. Neem hierbij aan dat het residu van de destillatie geen chloorverbindingen bevat en dat al het chloor dat bij reactie 2 vrijkomt in reactie 1 wordt hergebruikt.

Het chlorideproces kan in een blokschema worden weergegeven. Hieronder is een onvolledig blokschema getekend. In reactor 1 vindt reactie 1 plaats en in reactor 2 vindt reactie 2 plaats. Alle stofstromen waarin titaanverbindingen voorkomen, zijn weergegeven met pijlen. Een aantal pijlen van andere stofstromen en een aantal formules van stoffen zijn weggelaten.

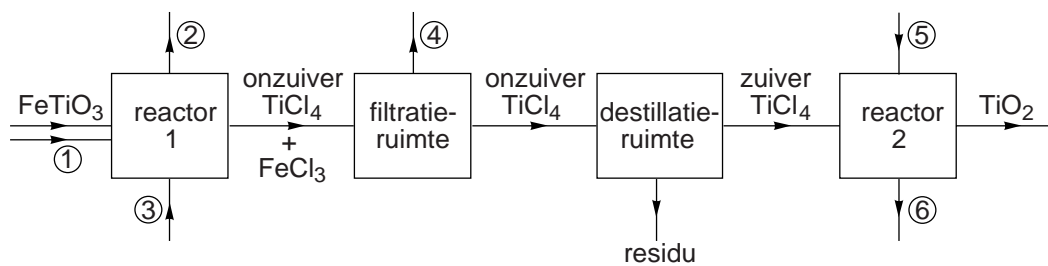


Op de uitwerkbijlage is het blokschema uitgebreider, maar nog niet volledig, weergegeven. Er zijn meer stofstromen getekend en deze zijn genummerd. De terugvoer van chloor ontbreekt nog.

- 2p **32** Welke formules moeten bij de stofstromen 1 tot en met 6 staan? Noteer de nummers van de stofstromen en schrijf achter elk nummer de bijbehorende formule.
 2p **33** Maak het blokschema op de uitwerkbijlage compleet door de terugvoer van chloor te tekenen.

uitwerkbijlage

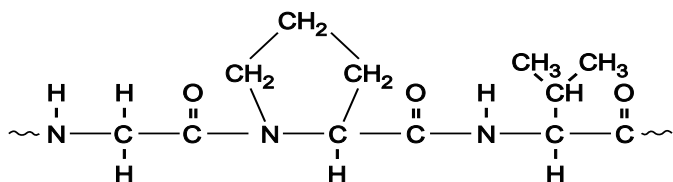
32 en 33



Gelatine

Gelatine is een eiwit dat op grote schaal wordt toegepast in de voedingsmiddelenindustrie. Het bevat 19 verschillende aminozuren. De eiwitmoleculen waaruit gelatine is samengesteld, bevatten gemiddeld 1000 aminozuureenheden.

Hieronder is de structuurformule van een karakteristiek gedeelte van een gelatinemolecuul weergegeven.



- 2p **34** Geef de 3-lettersymbolen van de drie aminozuren waaruit dit gedeelte is gevormd.

Er is een middel op de markt, gewrichtsgelatine genoemd, dat goed zou zijn voor de gewrichten. Gewrichtsgelatine bestaat uit het mengsel van aminozuren dat is ontstaan door gelatine volledig te hydrolyseren. In de bijlage bij dit examen is een tabel opgenomen (tabel 1) met gegevens over de aminozuren in gewrichtsgelatine. De som van de massa's van de aminozuren (117 g) is groter dan de massa van de gelatine (100 g) waaruit ze zijn gevormd.

- 1p **35** Geef aan waarom de som van de massa's van de afzonderlijke aminozuren groter is dan de massa van de gelatine waaruit ze zijn gevormd.

Uit tabel 1 (zie bijlage) kan worden afgeleid dat het aminozuur glycine het meest voorkomt in gewrichtsgelatine. Met behulp van gegevens uit tabel 1 en door gebruik te maken van onder andere Binas-tabel 67C kan worden berekend in welke molverhouding glycine en valine voorkomen in gewrichtsgelatine.

- 3p **36** Geef deze berekening. Noteer de uitkomst van je berekening als volgt:
aantal mol glycine : aantal mol valine = ... : 1,0

Bronvermeldingen

tekstfragment 1 naar de Volkskrant
tekstfragment 2 naar de Volkskrant
Schone Schelde naar de Volkskrant

Onderstaande tabel 1 hoort bij de vragen 35 en 36.

Tabel 1

g aminozuren van 100 g gelatine			
alanine	10,5	isoleucine	1,7
arginine	9,9	leucine	3,4
asparaginezuur	6,7	lysine	4,1
cysteïne	0,4	methionine	0,5
fenylalanine	2,0	proline	16,0
glutaminezuur	11,7	serine	3,3
glycine	27,1	threonine	2,1
histidine	1,8	tyrosine	0,4
hydroxylysine	0,9	valine	3,0
hydroxyproline	11,9		