

Voor dit examen zijn maximaal 70 punten te behalen; het examen bestaat uit 24 vragen.
Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.
Voor de uitwerking van vraag 3 is een bijlage toegevoegd.

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.

Een bepaalde munt heeft een massa van 7,50 gram. De munt bestaat uit nikkel en messing. Messing is een legering van koper en zink.

Peter heeft van zijn docent scheikunde de opdracht gekregen om het massapercentage nikkel en koper van zo'n munt te bepalen. Daartoe moet de munt eerst volledig worden omgezet tot een oplossing van zouten van deze metalen. Peter gebruikt daar een oplossing van salpeterzuur voor. De reactie van een metaal met een salpeterzuuroplossing is een redoxreactie.

- 2p **1** ☐ Leg aan de hand van getalwaarden uit Binas uit dat verwacht mag worden dat koper, nikkel en zink reageren met een oplossing van salpeterzuur.

Peter heeft in zijn werkplan een methode opgenomen die veel wordt gebruikt om nikkelgehaltes te bepalen. Hierbij wordt aan een oplossing die nikkelionen bevat een overmaat ammonia toegevoegd. Vervolgens wordt een kleurloze oplossing van dimethylglyoxim toegevoegd. Hierbij ontstaat een neerslag. Na weging van het neerslag kan het nikkelgehalte worden berekend.

Dimethylglyoxim heeft de molecuulformule $C_4H_8N_2O_2$ en is een éénwaardig zwak zuur. Het wordt in het vervolg van deze opgave weergegeven als HDim.

In onderstaande tabel zijn enkele gegevens te vinden die voor het onderzoek van belang zijn.

| | Ionsoort | | |
|--|--|--|--|
| | Cu^{2+} | Ni^{2+} | Zn^{2+} |
| Reactieproduct na toevoeging van ammonia | complex ion: $Cu(NH_3)_4^{2+}$ opgelost, blauw | complex ion: $Ni(NH_3)_6^{2+}$ opgelost, kleurloos | complex ion: $Zn(NH_3)_4^{2+}$ opgelost, kleurloos |
| Reactieproduct na toevoeging van ammonia en vervolgens een oplossing van dimethylglyoxim | complex ion: $Cu(HDim)^{2+}$ opgelost, bruin | $Ni(Dim)_2$ neerslag | geen reactie |

Nadat het werkplan is goedgekeurd, is Peter met de bepaling van het nikkelgehalte begonnen. Hij heeft de munt volledig opgelost en de oplossing vervolgens met water aangevuld tot een volume van 100,0 mL. Deze oplossing noemt hij voortaan oplossing A. Aan 10,0 mL van oplossing A voegt hij een overmaat ammonia toe. Vervolgens druppelt hij zoveel van een oplossing van dimethylglyoxim toe, dat alle nikkelbevattende ionen zijn neergeslagen als $Ni(Dim)_2$. Daarna filtreert hij de suspensie en spoelt het residu na met gedestilleerd water. Hij voegt het spoelwater volledig toe aan het filtraat. Hij droogt het residu en weegt het. De massa blijkt 258 mg te zijn.

- 3p **2** ☐ Bereken uit bovenstaande gegevens het aantal gram nikkel in de munt. De massa van een mol $Ni(Dim)_2$ is 289 g.

Peter wil het kopergehalte van de munt colorimetrisch bepalen en gebruikt daarvoor het filtraat dat hij bij de nikkelbepaling heeft overgehouden. In het filtraat is $Cu(HDim)^{2+}$ de enige koperbevattende ionsoort. De lichtbruine kleur van het filtraat wordt uitsluitend veroorzaakt door $Cu(HDim)^{2+}$ ionen.

Hij vult het filtraat aan met water tot een volume van 250,0 mL. Deze oplossing noemt hij oplossing B.

Vervolgens maakt hij een ijkreeks met vijf standaardoplossingen. Elk van deze vijf oplossingen is gemaakt door ammonia, een oplossing van kopersulfaat en een oplossing van HDim samen te voegen en het mengsel vervolgens met water aan te vullen tot 250,0 mL. De oplossingen verschillen alleen in de hoeveelheid van de toegevoegde oplossing van kopersulfaat. Ook in deze oplossingen is $Cu(HDim)^{2+}$ de enige koperbevattende ionsoort. Peter maakt ook een blanco-oplossing door ammonia en een oplossing van HDim samen te voegen en het mengsel vervolgens met water aan te vullen tot 250,0 mL.

Van elk van de vijf standaardoplossingen meet hij de extinctie, waarbij hij de extinctie van de blanco-oplossing op 0,00 instelt. Hij verwerkt de resultaten van de metingen in een diagram. Dit diagram is weergegeven op de bijlage bij deze opgave.
Ten slotte meet Peter de extinctie van oplossing B. Ook bij deze meting stelt hij de extinctie van de blanco-oplossing in op 0,00. De extinctie van oplossing B blijkt 0,65 te zijn.

- 3p **3** ☐ Bepaal de $[\text{Cu}(\text{HDim})^{2+}]$ (in mol L^{-1}) in oplossing B. Geef daarbij op de bijlage aan hoe deze concentratie uit het diagram is afgeleid.
- 2p **4** ☐ Bereken het massapercentage koper in de munt.

Diamant

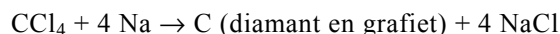
Koolstofatomen uit verschillende moleculen kunnen aan elkaar worden gekoppeld. Wanneer men bijvoorbeeld 1-chloorpropan, in ether als oplosmiddel, laat reageren met natrium, vindt de volgende koppelingsreactie plaats:



Op soortgelijke wijze kan ook 2,3-dimethylpentaan bereid worden. Hiertoe laat men een mengsel van twee verschillende monochlooralkanen met een onvertakte koolstofketen reageren met natrium. Behalve 2,3-dimethylpentaan ontstaan hierbij nog twee alkanen. Deze twee alkanen zijn geen isomeren van 2,3-dimethylpentaan.

- 2p **5** ☐ Geef de structuurformules van de twee *onvertakte* monochlooralkanen die voor deze koppelingsreactie nodig zijn.
- 2p **6** ☐ Geef de structuurformules van de twee alkanen die naast 2,3-dimethylpentaan zullen ontstaan.

De reactie waarbij koolstofatomen uit verschillende moleculen aan elkaar worden gekoppeld, is onlangs door onderzoekers gebruikt om diamant te maken. Zij gingen uit van tetrachloormethaan ('tetra', CCl_4) als halogeenaalkaan en lieten dat in een afgesloten reactievat met een grote overmaat natrium reageren in de aanwezigheid van stukjes kobalt als katalysator. Na geruime tijd verwarmen bleek het reactievat een mengsel te bevatten van de katalysator kobalt, het overgebleven natrium en de reactieproducten grafiet, fijnverdeeld diamantpoeder en natriumchloride. De vergelijking van de opgetreden reactie is:



De vorming van grafiet uit tetra en natrium is exotherm.

- 3p **7** ☐ Bereken voor de reactie $\text{CCl}_4(\text{l}) + 4 \text{Na}(\text{s}) \rightarrow \text{C}(\text{s, grafiet}) + 4 \text{NaCl}(\text{s})$ de enthalpieverandering (reactiewarmte) in joule per mol grafiet ($T = 298 \text{ K}$, $p = p_0$).

Na beëindiging van de reactie moest het koolstofpoeder gescheiden worden van de overige stoffen (het overgebleven natrium, de stukjes kobalt en het gevormde natriumchloride). Bij de te volgen werkwijze zijn de onderstaande gegevens over kobalt en natrium van belang.

- Kobalt is een onedel metaal. Bij toevoeging van geconcentreerd zoutzuur treedt een reactie op, waarbij een oplossing van kobaltchloride wordt gevormd.
- Als natrium in contact komt met water, vindt een heftige reactie plaats, waarbij gevaarlijke nevels/stoffen ontstaan. Daarom mag natrium niet in contact komen met water.
- Natrium reageert langzaam met ethanol. Daarbij ontstaat onder andere een natriumzout dat goed oplosbaar is in ethanol.

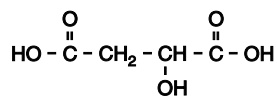
- 4p **8** ☐ Beschrijf, onder andere met behulp van bovenstaande gegevens, een werkwijze om uit het verkregen mengsel (kobalt, koolstofpoeder, natrium en natriumchloride) de koolstof als een droog poeder af te scheiden.

Fles wijn

Wijn bevat alcohol (ethanol, C_2H_6O) die ontstaan is door vergisting van glucose.

- 3p **9** □ Geef de vergelijking voor de vergisting van glucose in molecuulformules.

Wijn bevat behalve alcohol ook een aantal opgeloste zuren. Eén van die zuren heeft de volgende structuurformule:



- 3p **10** □ Geef de systematische naam van dit zuur.

Door de aanwezigheid van opgeloste zuren heeft wijn een pH die tussen 2,9 en 3,9 ligt. Ondanks deze lage pH vinden veel mensen de smaak van wijn niet onaangenaam. In een aangebroken fles wijn wordt dikwijls in de loop van enkele dagen een deel van de alcohol door reactie met zuurstof omgezet tot azijnzuur. Dit gebeurt onder invloed van een bepaalde soort bacteriën. Deze bacteriën zijn alleen werkzaam als de zuurstofconcentratie in de wijn boven een grenswaarde uitkomt. De aanwezigheid van azijnzuur in wijn zorgt voor een onaangename smaak.

- 2p **11** □ Geef de vergelijking van de bedoelde omzetting van ethanol tot azijnzuur. Schrijf daarbij de koolstofverbindingen in structuurformules.

Bij een geopende fles wijn duurt het enkele uren voordat de zuurstof die in de wijn oplost en de zuurstof in de lucht boven de wijn met elkaar in evenwicht zijn. Vanaf dat moment geldt:



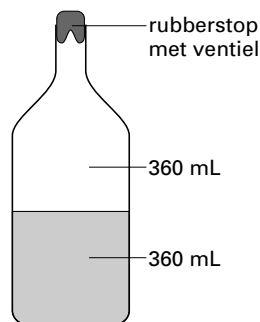
Bij 20 °C geldt voor de waarde van de evenwichtsconstante $K = 29$.

Een fles wijn met een inhoud van 720 mL wordt ontkurkt. Op dat moment bevat de wijn nog geen opgeloste zuurstof. Er wordt wijn uitgeschonken, in de fles blijft 360 mL wijn achter. De fles wordt niet afgesloten.

- 4p **12** □ Bereken het aantal mg zuurstof dat na enkele uren, als het evenwicht zich heeft ingesteld, aanwezig is in de 360 mL wijn in de fles. Het molair volume van een gas is bij de heersende temperatuur (20 °C) en druk (1,0 bar) $24 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$. Lucht bevat 21 volumeprocent zuurstof.

Om de hoeveelheid zuurstof die in wijn oplost te verminderen en dus de vorming van azijnzuur tegen te gaan, kan een aangebroken fles wijn worden afgesloten met een kurk. Er zijn echter ook speciale luchtpompjes in de handel die meer effect hebben dan een kurk. Op een geopende fles wijn die langere tijd bewaard moet worden, plaatst men een rubberen dopje. In het dopje zit een opening die als ventiel werkt. Met het pompje wordt via dit ventiel de druk in de fles verlaagd van 1,0 bar tot 0,25 bar. De zuurstofconcentratie in de lucht boven de wijn wordt door de drukverlaging een kwart van de oorspronkelijke zuurstofconcentratie. De hoeveelheid zuurstof die vervolgens in de wijn gaat oplossen wordt hierdoor veel minder. De hoeveelheid opgeloste zuurstof kan dan namelijk nooit groter zijn dan een kwart van de hoeveelheid zuurstof die oplost zonder drukverlaging.

Een fles wijn van 720 mL wordt voor de helft uitgeschonken (nog 360 mL wijn in de fles met 360 mL lucht daarboven, zie de figuur hiernaast). Daarna wordt de druk in de fles verlaagd van 1,0 bar tot 0,25 bar. Dan blijkt dat in de wijn zelfs nog wat minder zuurstof oplost dan een kwart van de bij vraag 12 berekende hoeveelheid. De temperatuur verandert tijdens het wegpompen van de lucht niet.



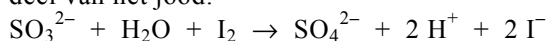
- 3p **13** ☐ Leg uit dat de hoeveelheid zuurstof die in dit geval in de wijn zal oplossen minder is dan een kwart van de bij vraag 12 berekende hoeveelheid.

Om het ontstaan van azijnzuur tegen te gaan, voegt men in sommige wijnsoorten sulfiet aan de wijn toe, voordat de wijn de fles in gaat. De werking van het sulfiet berust onder andere op het feit dat de bacteriën die alcohol tot azijnzuur omzetten door het sulfiet worden gedood.

- 2p **14** ☐ Geef nog een verklaring voor het feit dat sulfiet het ontstaan van azijnzuur tegengaat.

Een groepje leerlingen krijgt als practicumopdracht het sulfietgehalte van witte wijn te bepalen. In het practicumvoorschrift staat onder meer:

Pipetteer 10,0 mL van een 0,0500 M joodoplossing in een erlenmeyer van 300 mL.
Voeg ongeveer 150 mL water toe en zuur aan met 5 mL 1 M zwavelzuur. Voeg langzaam 100,0 mL van de witte wijn toe onder voortdurend roeren. Het sulfiet reageert met een deel van het jood:



Titreer het jood dat na deze reactie nog over is met een 0,0400 M oplossing van natriumthiosulfaat.

Gebruik zetmeel als indicator.

Er blijkt 12,1 mL van de oplossing van natriumthiosulfaat nodig te zijn.

- 5p **15** ☐ Bereken het aantal mg sulfiet per liter van de onderzochte witte wijn.

Leer wordt gemaakt van huiden van dieren. Hierbij ondergaan de huiden eerst een aantal bewerkingen waarbij hoofdzakelijk collageen overblijft.

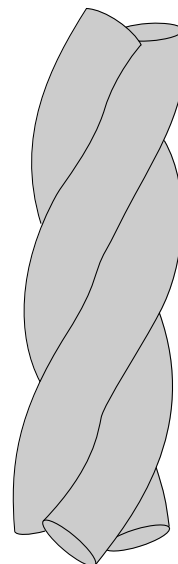
Collageen is een eiwit dat voor de stevigheid van weefsels zorgt.

In een artikel over de bereiding van leer staat het volgende over collageen.

tekstfragment

Collageen wordt allereerst gekenmerkt door het hoge gehalte glycine: één glycine-eenheid op elke derde plaats in de aminozuurketen. Ook heeft het een hoog gehalte proline. In de aminozuurketen zitten de glycine-eenheden en proline-eenheden vaak naast elkaar. En tenslotte heeft het een kenmerkend hoog gehalte hydroxyproline. Meestal zit een hydroxyproline-eenheid naast een proline-eenheid.

De aanwezigheid van proline zorgt ervoor dat de keten een linksdraaiende spiraal wordt. De aanwezigheid van glycine op elke derde plaats zorgt ervoor dat drie van die spiralen in elkaar draaien tot een drievoudige, rechtsdraaiende spiraal (zie de figuur hiernaast). De aanwezigheid van hydroxyproline heeft een sterk stabiliserend effect door waterstofbruggen.

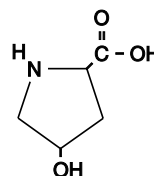


naar: *Chemical Society Reviews*

In het tekstfragment worden aminozuren genoemd die kenmerkend zijn voor collageen. Ook kan uit het tekstfragment worden afgeleid welke aminozuurvolgorde kenmerkend is voor collageen. Deze informatie kan samengevat worden in een structuurformule van een stukje uit het midden van de eiwitketen. Om alle informatie weer te geven moet dit stukje bestaan uit vier aminozuureenheden.

- 4p **16** ☐ Geef een structuurformule van zo'n stukje eiwit dat uit vier aminozuureenheden bestaat. Dit stukje moet beginnen met een glycine-eenheid en het komt uit het midden van het

eiwitmolecuul. De structuurformule van hydroxyproline is:



In een bepaalde zin in het tekstfragment wordt de secundaire structuur van collageen beschreven.

- 2p **17** ☐ Schrijf de zin uit het tekstfragment over waarin de secundaire structuur wordt beschreven.

Na het vrijmaken van het collageen vindt het zogenoemde looien plaats. Bij het looien van leer worden de eiwitketens aan elkaar gekoppeld, waardoor het leer minder krimpt onder invloed van verschillen in temperatuur en vochtigheidsgraad. Ook is gelooide leer beter bestand tegen de inwerking van micro-organismen.

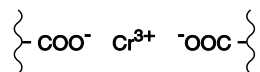
Voor het looien van leer wordt veelal gebruik gemaakt van chroom(III)sulfaat. Deze stof wordt bereid door zwaveldioxide te laten reageren met chroomzuur (H_2CrO_4). Hierbij ontstaat chroom(III)sulfaat als enige chroom- en zwavelbevattende verbinding. Behalve chroom(III)sulfaat ontstaat bij deze reactie één andere stof.

- 3p **18** ☐ Geef de reactievergelijking van de bereiding van chroom(III)sulfaat uit zwaveldioxide en chroomzuur.

De koppeling van de eiwitketens wordt veroorzaakt door chroom(III)ionen en geïoniseerde COOH groepen uit de zijketens van aminozuureenheden zoals asparaginezuur en glutaminezuur. Voor het verkrijgen van geloid leer van goede kwaliteit wordt tijdens het looiproces, dat plaatsvindt in een oplossing van chroom(III)sulfaat, het ionisatiepercentage van de COOH groepen voortdurend geregeld. Dit bereikt men door de keuze van de pH.

- 4p **19** ☐ Bereken hoeveel procent van de COOH groepen van de asparaginezuureenheden van collageen zijn geïoniseerd bij $\text{pH} = 3,00$. Bij deze berekening mogen de COOH groepen en de COO^- groepen beschouwd worden als opgelost. De K_z van asparaginezuureenheden in collageen heeft een waarde van $1,6 \cdot 10^{-4}$.

Bij het looien ontstaat tussen de ketens een koppeling, die als volgt schematisch kan worden weergegeven:



Geloid leer heeft een goede kwaliteit als de koppelingen tussen de eiwitketens niet alleen aan het oppervlak maar ook in het binnenste van het collageen ontstaan. Daartoe wordt gestart bij een pH waarbij de chroom(III)ionen eerst in het collageen kunnen binnendringen. Vervolgens verandert men de pH zodanig dat de koppelingen tussen de ketens tot stand komen.

- 2p **20** ☐ Leg uit of men, nadat de chroom(III)ionen het collageen zijn binnengedrongen, de pH moet verlagen of verhogen om de koppelingen tussen de ketens tot stand te brengen.

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

Heavy metal

Bij een bepaald industrieel proces ontstaat afvalwater dat Cu^{2+} ionen bevat. Voordat dit afvalwater mag worden geloosd, moet de $[\text{Cu}^{2+}]$ verlaagd worden tot de toegestane waarde. Daartoe wordt aan het afvalwater natronloog toegevoegd. Hierbij ontstaat een neerslag. Dit neerslag wordt afgefilterd en kan door het toevoegen van een oplossing van een stof X worden omgezet tot een oplossing van koper(II)sulfaat. Deze koper(II)sulfaatoplossing kan weer als grondstof worden gebruikt. Stof X is een sterk zuur.

1p **21** ☐ Geef de naam van stof X.

3p **22** ☐ Geef de vergelijking van de reactie die optreedt als aan het neerslag een oplossing van stof X wordt toegevoegd.

Men heeft een proces ontwikkeld waarbij Cu^{2+} uit het afvalwater wordt verwijderd met behulp van elektrolyse in plaats van neerslagvorming. Deze elektrolyse is zo ontworpen dat al het Cu^{2+} bevattend afvalwater door een sponsachtige koolstofelektrode S stroomt; hierin wordt het Cu^{2+} omgezet tot Cu. Er stroomt voortdurend Cu^{2+} bevattend afvalwater in deze sponsachtige elektrode en gezuiverd afvalwater uit de sponsachtige elektrode. De andere elektrode P is een koolstofplaat, waarlangs een oplossing van een elektrolyt wordt gepompt. Om menging van de vloeistofstromen in het elektrolysevat te voorkomen, is een membraan aangebracht.

- 4p **23** ☐ Teken de hierboven beschreven elektrolyse-opstelling schematisch. Geef in deze tekening de volgende onderdelen weer:
- het elektrolysevat;
 - de spanningsbron en de verbindingkabels van de spanningsbron naar de elektroden;
 - de sponsachtige koolstofelektrode S als een gearceerd deel van het elektrolysevat; geef ook aan of deze elektrode verbonden is met de pluspool of met de minpool van de spanningsbron;
 - de koolstofelektrode P; geef ook aan of deze elektrode verbonden is met de pluspool of met de minpool van de spanningsbron;
 - het membraan als een stippellijn;
 - de vloeistofstromen die het elektrolysevat in- en uitgaan als pijlen met de bijchriften:
 - Cu^{2+} bevattend afvalwater
 - gezuiverd afvalwater
 - elektrolytoplossing in
 - elektrolytoplossing uit.

Bij de uitvoering van zo'n zuiveringsproces wil men uit afvalwater 100 gram Cu^{2+} per m^3 afvalwater verwijderen. Van de stroom die door de elektrolysecel gaat, wordt 45 A (A betekent ampère; 1 ampère = 1 coulomb per seconde) gebruikt voor de omzetting van Cu^{2+} tot Cu. Uitgaande van deze gegevens kan men berekenen hoeveel m^3 afvalwater men per uur door de reactor kan leiden om de gewenste zuivering te bereiken.

4p **24** ☐ Geef deze berekening. Gebruik hierbij onder andere tabel 7 van Binas.

Einde