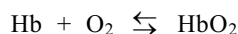


Koolstofmono-oxide

Het transport van zuurstof in het menselijk lichaam, vanuit de longen naar de weefsels, wordt verzorgd door hemoglobine. Hemoglobine is een eiwit dat in rode bloedcellen voorkomt. In deze opgave wordt hemoglobine weergegeven met Hb en hemoglobine dat zuurstof gebonden heeft met HbO₂. De zuurstofopname door hemoglobine in de longen en de zuurstofafgifte in de weefsels kunnen met behulp van het volgende evenwicht worden beschreven:



Het percentage van de hemoglobine dat zuurstof aan zich gebonden heeft, hangt af van de concentratie van O₂.

- 2p 1 Leg met behulp van een evenwichtsbeschouwing uit of de [O₂] in de weefsels groter of kleiner is dan in de rode bloedcellen.

Ook koolstofmono-oxide bindt zich, en zelfs beter dan zuurstof, aan hemoglobine. Het vermindert daardoor onder meer het zuurstoftransport. Blootstelling aan koolstofmono-oxide kan, afhankelijk van de concentratie in de ingeademde lucht en de duur van het contact, leiden tot suffigheid, hoofdpijn, bewusteloosheid en zelfs tot de dood. De competitie tussen koolstofmono-oxide en zuurstof om zich te binden aan hemoglobine kan worden weergegeven met de volgende betrekking:

$$\frac{\text{aantal mol HbCO}}{\text{aantal mol HbO}_2} = M \frac{p_{\text{CO}}}{p_{\text{O}_2}}$$

In deze betrekking

- is HbCO hemoglobine dat koolstofmono-oxide gebonden heeft;
- stellen p_{CO} en p_{O_2} de partiële drukken voor van koolstofmono-oxide en zuurstof in de ingeademde lucht;
- is M de zogenoemde relatieve bindingsaffiniteit voor koolstofmono-oxide; voor de mens ligt M tussen 210 en 245.

Met behulp van deze betrekking kan worden berekend bij welk volumepercentage van koolstofmono-oxide in lucht evenveel hemoglobine is bezet met koolstofmono-oxide als met zuurstof.

- 3p 2 Bereken dit volumepercentage koolstofmono-oxide in lucht. Gebruik bij deze berekening de volgende gegevens:
- het zuurstofgehalte van lucht is 21 volumepercent;
 - $M = 220$;
 - de partiële druk van een gas in een gasmengsel is recht evenredig met het volumepercentage van dat gas.

Doordat koolstofmono-oxide reuk-, kleur- en smaakloos is, is het moeilijk waarneembaar. Daarom zijn er koolstofmono-oxide detectoren ontwikkeld.

Het artikel dat is afgedrukt op het informatieblad dat bij dit examen is verstrekt, gaat over een detector die bijvoorbeeld gebruikt kan worden in de buurt van een keukengeiser.

- 2p 3 Leg uit onder welke omstandigheden in een keukengeiser koolstofmono-oxide kan ontstaan.

In regel 14 van het artikel wordt de term katalysatorsysteem gebruikt voor de functie die de combinatie van palladium(II)chloridedihydraat met koper(II)chloridedihydraat heeft.

- 2p 4 Leg uit dat de aanduiding katalysator voor de combinatie palladium(II)chloridedihydraat en koper(II)chloridedihydraat juist is.
- 2p 5 Geef de vergelijking van de reactie die door toedoen van dit katalysatorsysteem wordt versneld.

Eindexamen scheikunde 1 vwo 2002-II

havovwo.nl

In het ontwerp van de detector is rekening gehouden met een (licht) verlies van water, bijvoorbeeld door verdamping, en van waterstofchloride doordat het als gas ontwijkt. Door een bepaalde voorziening worden deze mogelijke verliezen gecompenseerd.

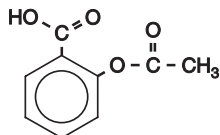
- 1p **6** Geef de eerste twee en de laatste twee woorden van de zin waarin deze voorziening in het artikel staat genoemd.
- 1p **7** Geef de namen van de twee stoffen op de badge waaruit waterstofchloride gevormd kan worden.

In het artikel wordt niet gesproken over de snelheden van de drie reacties. Bij het ontwerpen van deze detector zullen deze reactiesnelheden zeker een rol hebben gespeeld. Eén van de reacties dient langzaam te verlopen.

- 2p **8** Leg uit welke reactie dat is.

Bruistablet

Wanneer je hoofdpijn hebt, of last hebt van een ontsteking, kun je een aspirientje innemen. Aspirientjes bevatten de stof acetylsalicylzuur. Hieronder is de structuurformule van acetylsalicylzuur weergegeven:



Acetylsalicylzuur is een ester. In het maagdarmkanaal wordt de ester gedeeltelijk gehydrolyseerd.

- 3p **9** Geef de reactievergelijking van deze hydrolyse. Noteer daarin de organische deeltjes in structuurformules.

Een bruistablet bevat, behalve acetylsalicylzuur, onder meer natriumwaterstofcarbonaat (NaHCO₃). Als een bruistablet in water wordt gebracht, treedt een reactie op tussen het acetylsalicylzuur en het waterstofcarbonaat. Hierbij ontstaan onder andere de zuurrest van acetylsalicylzuur en koolstofdioxide. Het bruisen van het tablet wordt veroorzaakt doordat koolstofdioxide als gas uit de oplossing ontwijkt.

Een voorbeeld van een bruistablet is Aspro-bruis. Wanneer een Aspro-bruistablet in water wordt gebracht, is na afloop van de gasontwikkeling een oplossing ontstaan met pH = 5,00. In deze oplossing zijn vrijwel alle acetylsalicylzuurmoleculen omgezet tot de zuurrestionen. Dat blijkt uit de verhouding van de concentraties van de acetylsalicylzuurmoleculen en de zuurrestionen.

- 3p **10** Bereken de verhouding tussen de concentraties van de acetylsalicylzuurmoleculen en de zuurrestionen in deze oplossing. Noteer deze verhouding als $\frac{[HAz]}{[Az^-]}$. Gebruik voor K_z de waarde $3,0 \cdot 10^{-4}$.

Acetylsalicylzuur is niet het enige zuur dat in bruistabletten voorkomt. Behalve acetylsalicylzuur bevatten Aspro-bruistabletten ook citroenzuur, dat met waterstofcarbonaat reageert onder vorming van koolstofdioxide. Acetylsalicylzuur is een éénwaardig zuur en citroenzuur is een driewaardig zuur. Wanneer de gasontwikkeling die optreedt nadat een Aspro-bruistablet in water is gebracht, is afgelopen, hebben echter niet alle citroenzuurmoleculen hun drie beschikbare H^+ ionen afgestaan.

Een Aspro-bruistablet bevat 2,77 mmol acetylsalicylzuur, 4,50 mmol citroenzuur en 10,1 mmol natriumwaterstofcarbonaat.

- 2p 11 Bereken hoeveel H^+ ionen een citroenzuurmolecuul gemiddeld heeft afgestaan als de gasontwikkeling die optreedt nadat een Aspro-bruistablet in water is gebracht, is afgelopen. Ga er bij de berekening van uit dat al het acetylsalicylzuur en al het waterstofcarbonaat heeft gereageerd.
- 2p 12 Bereken hoeveel mg acetylsalicylzuur een Aspro-bruistablet bevat.

Op de bijsluiters van bruistabletten staat vaak niet vermeld hoeveel milligram $NaHCO_3$ een tablet bevat. Ellen heeft als opdracht gekregen om te bepalen hoeveel $NaHCO_3$ zo'n Aspro-bruistablet bevat. Bij haar onderzoek heeft ze, behalve van Aspro-bruistabletten, *uitsluitend* gebruikgemaakt van een bekeerglas, water en een balans. Ze heeft bij haar onderzoek in eerste instantie onder andere aangenomen dat de hoeveelheid CO_2 die in oplossing blijft, te verwaarlozen is. Verder is ze er van uitgegaan dat alle $NaHCO_3$ reageert en dat in een bruistablet $NaHCO_3$ de enige stof is waaruit CO_2 kan ontstaan.

Bij haar onderzoek heeft Ellen eerst de bepaling van de hoeveelheid $NaHCO_3$ in een bruistablet uitgevoerd (proef 1). Bij de bespreking van het resultaat van haar proef kreeg ze van haar docent te horen dat ze ook moest onderzoeken of haar aanname dat een verwaarloosbare hoeveelheid CO_2 in oplossing blijft, juist is.

Daarom heeft ze, eveneens gebruik makend van uitsluitend een bekeerglas, water, Aspro-bruistabletten en een balans, een controleproef (proef 2) gedaan om na te gaan of de hoeveelheid CO_2 die oplost, inderdaad te verwaarlozen is. Daarbij bleek dat die aanname onjuist was.

- 3p 13 Geef aan hoe Ellen proef 1 heeft uitgevoerd en welke metingen ze daarbij heeft gedaan.
- 2p 14 Beschrijf een manier waarop Ellen proef 2 kan hebben uitgevoerd; geef ook aan hoe bij de door jou beschreven proefuitvoering blijkt dat de genoemde aanname onjuist is.

Glucosespiegel

In ons bloed is een zekere hoeveelheid glucose ($C_6H_{12}O_6$) aanwezig. In de spieren wordt glucose op verschillende manieren omgezet: de glucose kan worden omgezet tot koolstofdioxide en water maar ook tot melkzuur. Bij beide omzettingen van glucose komt energie vrij. Bij de omzetting van glucose tot melkzuur komt per mol glucose minder energie vrij dan bij de omzetting van glucose tot koolstofdioxide en water.

Bij normale inspanning wordt glucose in de spieren omgezet tot koolstofdioxide en water. Wanneer in korte tijd een grote lichamelijke inspanning wordt verricht, zoals bij de 100 meter sprint, wordt de energie geleverd doordat de glucose wordt omgezet tot melkzuur ($C_3H_6O_3$). Dit melkzuur hoopt zich op in de spieren en veroorzaakt een pijnlijk gevoel: de spieren 'verzuren'. Een dergelijke inspanning waarbij glucose wordt omgezet tot melkzuur is niet lang vol te houden.

- 4p 15 Geef de reactievergelijking voor beide genoemde omzettingen van glucose. Gebruik hierbij molecuulformules.
- 2p 16 Geef aan de hand van beide hierboven genoemde omzettingen van glucose een mogelijke verklaring voor het feit dat bij een kortdurende grote lichamelijke inspanning glucose niet wordt omgezet tot koolstofdioxide en water.

Eindexamen scheikunde 1 vwo 2002-II

havovwo.nl

Het glucosegehalte van bloed (de bloedsuikerspiegel) heeft meestal een waarde rond 5 mmol L^{-1} . Door lichamelijke inspanning daalt de bloedsuikerspiegel. Wanneer de bloedsuikerspiegel te ver daalt (onder 3 mmol L^{-1}), heeft dat gevolgen voor het functioneren van het lichaam: je gaat trillen, wordt duizelig en in extreme gevallen kun je flauwvallen.

Om het glucosegehalte op peil te houden, gebruiken sporters wel eens een zogenoemde sportdrink. Sportdranken zijn oplossingen van voornamelijk koolhydraten in water. Eén van die koolhydraten is druivensuiker (glucose) dat snel in het bloed wordt opgenomen. Een volwassen man met een bloedvolume van 6,0 L drinkt een flesje sportdrink leeg. Volgens de gegevens van de producent bevat zo'n flesje 330 mL sportdrink; per 100 mL is daarin 1,44 g druivensuiker opgelost.

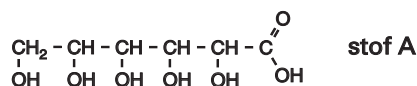
- 3p 17 Bereken hoeveel de bloedsuikerspiegel van deze man toeneemt (in mmol L^{-1}). Neem aan dat tijdens het drinken van de sportdrink geen glucose wordt omgezet en dat het bloedvolume 6,0 L blijft.

Het hormoon insuline is betrokken bij de regulering van de bloedsuikerspiegel. Insuline is een polypeptide dat in de pancreas gevormd wordt uit een groter polypeptide: pro-insuline. Bij de vorming van insuline uit pro-insuline worden sommige peptide-bindingen gehydrolyseerd, onder andere de peptide-binding tussen een arginine- en een glycine-eenheid. Bij deze hydrolyse krijgt het glycine een vrije aminogroep.

- 4p 18 Geef deze hydrolyse van het fragment $\sim \text{Arg} - \text{Gly} \sim$ in een reactievergelijking met structuurformules weer.

Het glucosegehalte van bloed kan worden gemeten met behulp van een teststrookje. Op dit teststrookje bevindt zich een mengsel waarin twee enzymen en een kleurstof voorkomen. Wanneer op het strookje een druppel van een glucosehoudende vloeistof wordt gebracht, treden twee reacties op.

Reactie 1: één van de enzymen (glucose-oxidase) zorgt ervoor dat glucose reageert met zuurstof; daarbij ontstaan waterstofperoxide en een stof A met de volgende structuurformule:



Reactie 2: het ontstane waterstofperoxide reageert onder invloed van het tweede enzym (een zogenoemd peroxidase) met de kleurstof; de kleur van het teststrookje verandert dan.

- 3p 19 Geef de systematische naam van stof A.

Reactie 1 is een redoxreactie. Glucose is hierin de reductor. In de vergelijking van de halfreactie van glucose komen behalve het redoxkoppel (glucose en stof A) en elektronen ook H_2O en H^+ voor.

- 3p 20 Geef van de omzetting van glucose tot stof A de vergelijking van de halfreactie. Schrijf hierbij de koolstofverbindingen in molecuulformules.

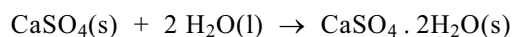
- 2p 21 Leid met behulp van deze vergelijking en de vergelijking van de halfreactie van de oxidator de vergelijking van reactie 1 af. Schrijf hierbij de koolstofverbindingen in molecuulformules.

Ook andere monosachariden kunnen met zuurstof reageren onder vorming van waterstofperoxide. Volgens het informatievel dat bij de teststrookjes wordt geleverd, worden echter met behulp van bovengenoemde teststrookjes geen andere suikers dan glucose aangetoond.

- 2p 22 Leg uit dat met de in deze opgave genoemde teststrookjes geen andere suikers dan glucose kunnen worden aangetoond.

Gipsverband

Vroeger stabiliseerde men gebroken armen en benen met gipsverband. Rondom de breuk werd verbandgaas aangelegd, waarop een papje werd aangebracht van vast calciumsulfaat, $\text{CaSO}_4(\text{s})$, en vloeibaar water, $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$. Deze stoffen reageren met elkaar onder vorming van vast gips, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}(\text{s})$. Na verloop van enige tijd is een harde vaste stof ontstaan. De volgende reactie is dan opgetreden:



- 3p **23** Bereken hoeveel gram gips ontstaat wanneer 500 g calciumsulfaat volgens bovenstaande reactievergelijking reageert.

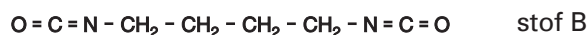
Tegenwoordig wordt voor dit soort verbanden bijna geen gips meer gebruikt, maar voornamelijk zogenaamde polyurethanen.

Een polyurethaan kan worden gevormd uit twee verschillende stoffen. Een van de beginstoffen die bij de vorming van zo'n polyurethaan gebruikt wordt, stof A, heeft de volgende structuurformule:



- 3p **24** Geef de systematische naam van stof A.

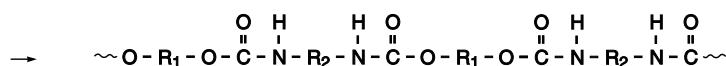
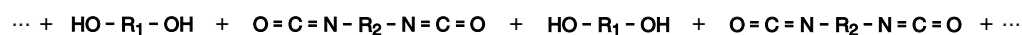
Een mogelijke andere beginstof voor de vorming van een polyurethaan, stof B, heeft de volgende structuurformule:



De groep $\text{N} = \text{C} = \text{O}$ heet isocyanaat.

In het vervolg van deze opgave wordt stof A aangeduid met $\text{HO} - \text{R}_1 - \text{OH}$ en stof B met $\text{O} = \text{C} = \text{N} - \text{R}_2 - \text{N} = \text{C} = \text{O}$.

De vorming van een polyurethaan berust op het feit dat OH groepen met isocyanaatgroepen kunnen reageren. Bij de polymerisatie van stof A met stof B treedt de volgende reactie op:



polymeer 1

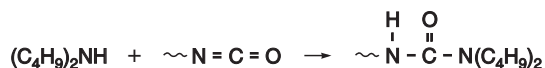
Deze polymerisatie zou kunnen worden opgevat als additiepolymerisatie.

- 2p **25** Geef twee argumenten die de opvatting ondersteunen dat deze polymerisatiereactie berust op additie.

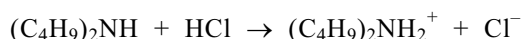
Eindexamen scheikunde 1 vwo 2002-II

havovwo.nl

Isocyanaatgroepen kunnen ook met NH groepen reageren. Van de reactie van isocyanaatgroepen met NH groepen maakt men onder andere gebruik bij een methode om vast te stellen wat het massapercentage van stof B in een monster van stof B is. Bij zo'n bepaling voegt men aan een monster van stof B een overmaat dibutylamine, $(C_4H_9)_2NH$, toe. De isocyanaatgroepen van de moleculen van stof B reageren als volgt met dibutylaminemoleculen:



De hoeveelheid dibutylamine die niet heeft gereageerd, wordt vervolgens getitreerd met een oplossing van waterstofchloride in methanol. De vergelijking van de reactie die dan optreedt, kan als volgt worden weergegeven:



Bij zo'n bepaling liet men 538 mg van een monster van stof B reageren met 20,0 mL van een 0,989 M dibutylamine-oplossing. Voor de titratie van het niet-gereageerde dibutylamine was 12,5 mL 1,025 M HCl-oplossing nodig.

- 2p **26** Bereken hoeveel mmol dibutylamine met stof B heeft gereageerd.
3p **27** Bereken het massapercentage van stof B in het onderzochte monster.

Omdat isocyanaatgroepen met NH groepen kunnen reageren, kan er ook een reactie optreden tussen polymeer 1 en stof B. Bij die reactie ontstaat een nieuw polymeer, polymeer 2. Polymeer 2 wordt vanwege zijn eigenschappen toegepast in moderne verbanden om gebroken ledematen te stabiliseren. Bij het maken van zo'n verband legt men rondom de breuk een verbandgaas aan, waarop een mengsel van polymeer 1 en stof B is aangebracht, en laat de reactie tussen polymeer 1 en stof B optreden. Nadat de reactie heeft plaatsgevonden, is een verband verkregen dat uitstekend geschikt is om een gebroken ledemaat te stabiliseren.

- 3p **28** Leg uit dat polymeer 2 gebruikt kan worden in een verband dat dient om een gebroken ledemaat te stabiliseren.

Een snelle controle

Er is een CO-detector in de vorm van een plastic badge in de handel. Deze kan in de buurt van een potentiële CO-bron op een muur worden bevestigd. Op een klein gedeelte van de badge zijn oranje

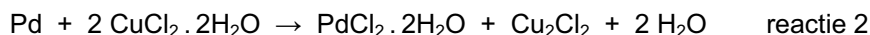
- 5 kristallen aangebracht die zwart worden wanneer ze in contact komen met CO. Zelfs een geringe kleurverandering kan worden waargenomen door de kleur van de kristallen te vergelijken met de oranje ring die rondom de kristallen ligt. De chemie die aan
- 10 deze kleurverandering ten grondslag ligt, is de Wacker-reactie. Het actieve gedeelte van de detector bevat een mengsel van palladium(II)chloridedihydraat en koper(II)chloridedihydraat als katalysatorsysteem.

- 15 De kleurverandering is het gevolg van de reductie van palladium(II) tot het metaal palladium. De reactie is reversibel¹, de reactiestappen zijn hieronder weergegeven.

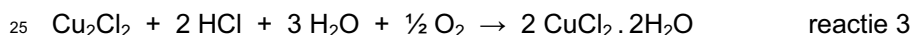
Reductie (treedt op in aanwezigheid van CO); CO reageert met palladium(II)chloridedihydraat waarbij koolstofdioxide ontstaat en Pd(II) tot Pd(0) wordt gereduceerd:



Oxidatieve regeneratie; eerst wordt het metaal palladium geoxideerd tot Pd(II) door koper(II)chloride dat zelf wordt gereduceerd tot koper(I)chloride:



waarna koper(I)chloride wordt geoxideerd tot koper(II)chloride door zuurstof uit de lucht:

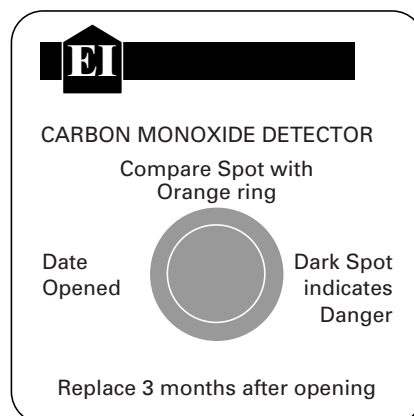


Zoals te zien is in bovenstaande reacties is de aanwezigheid en het vasthouden van zowel water als waterstofchloride van essentieel belang voor een goede, reversibele¹ werking van de detector. Dit wordt bereikt door de actieve kristallen op te nemen in hydrofiële silicagel en door een hygroscopische², chloride-bevattende stof als

30 calciumchloride en een sterk zuur als silicomolybdeenzuur ($\text{H}_8[\text{Si}(\text{Mo}_2\text{O}_7)_6] \cdot 28\text{H}_2\text{O}$) toe te voegen aan het systeem.

- Deze detectoren zijn goedkoop, ze hebben echter hun beperkingen. Andere gassen dan CO zoals ammoniak en 'haarlkgassen' kunnen vals alarm veroorzaken. Tevens worden de kristallen geleidelijk donkerder wanneer ze met lucht in contact staan, zelfs wanneer
- 35 daarin geen CO voorkomt. Daarom dienen de badges om de drie maanden te worden vervangen. Toch maken ze een bruikbare en snelle controle op de aanwezigheid van CO mogelijk.

naar: *Chemistry in Britain*



noot 1 reversibel betekent omkeerbaar

noot 2 hygroscopisch betekent wateraantrekkend