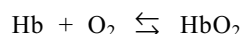


■ Koolstofmono-oxide

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 1-2 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.

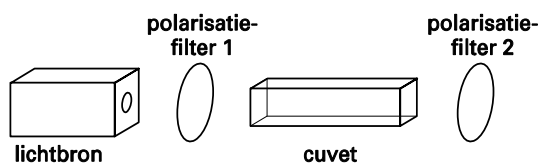
- 1p **6** Geef de eerste twee en de laatste twee woorden van de zin waarin deze voorziening in het artikel staat genoemd.
- 1p **7** Geef de namen van de twee stoffen op de badge waaruit waterstofchloride gevormd kan worden.

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.

Suiker

Bij de winning van sacharose uit suikerbieten wordt de sacharose verkregen door kristallisatie uit het zogenoemde diksap, een geconcentreerde oplossing van sacharose. Omdat sacharose een optisch actieve stof is, kan de concentratie van sacharose in een oplossing worden bepaald door meting van de optische activiteit van die oplossing. De optische activiteit wordt uitgedrukt in een hoek α . Deze hoek geeft de draaiing weer van de trillingsrichting van gepolariseerd licht met een bepaalde golflengte. De optische activiteit kan worden gemeten met behulp van een polarimeter. De meetopstelling kan een opbouw hebben zoals in onderstaande figuur:



- 3p **9** Geef aan welke handelingen men achtereenvolgens met bovenstaande meetopstelling moet verrichten om de draaiingshoek α van een sacharose-oplossing vast te stellen.

Uit de gemeten draaiingshoek α kan de concentratie van de sacharose worden berekend met behulp van de formule:

$$\alpha = [\alpha] \times l \times c$$

Hierin is α de gemeten draaiingshoek, $[\alpha]$ de specifieke draaiing van sacharose bij de gebruikte golflengte, l de weglengte van het licht door de cuvet in dm en c de concentratie van de sacharose in gram per mL.

Bij een bepaling van de concentratie van sacharose in diksap werd 100 mL van de oplossing eerst verdund tot 500 mL. Van deze verdunde oplossing ($T = 293 \text{ K}$) werd vervolgens de draaiingshoek α gemeten in een cuvet waarin het licht een weglengte heeft van 1,00 dm. De draaiingshoek α van de oplossing bleek $10,2^\circ$ te zijn. De specifieke draaiing $[\alpha]$ van sacharose ($T = 293 \text{ K}$) voor licht met de gebruikte golflengte van 589 nm is $66,4^\circ \text{ mL dm}^{-1} \text{ g}^{-1}$.

- 3p **10** Bereken uit bovenstaande gegevens het massapercentage sacharose in het onderzochte diksap. De dichtheid van diksap is $1,20 \text{ g mL}^{-1}$.

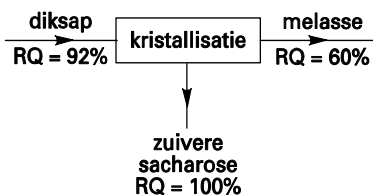
Eindexamen scheikunde 1-2 vwo 2002-II

havovwo.nl

Bij de winning van sacharose is niet alleen het massapercentage sacharose van de oplossing van belang, maar ook de mate van verontreiniging. Daarom gebruikt men wel het begrip reinheidsquotiënt. Het reinheidsquotiënt (RQ) is gedefinieerd als:

$$RQ = \frac{\text{massa van de sacharose in een hoeveelheid mengsel}}{\text{massa van de totale vaste stof in dat mengsel}} \times 100\%$$

De kristallisatie van sacharose in een suikerfabriek is een continu proces en kan als volgt schematisch worden weergegeven:



Diksap heeft een $RQ = 92\%$, dat wil zeggen dat van de 100 gram opgeloste vaste stof 92 gram sacharose is en dat de resterende 8 gram andere vaste stoffen zijn.

- 4p 11 Bereken hoeveel massaprocent van de in diksap opgeloste sacharose tijdens de kristallisatie wordt afgescheiden als zuivere sacharose.

Bij de kristallisatie maakt men gebruik van een aantal kenmerken van mengsels van sacharose en water:

- de oplosbaarheid van sacharose in water neemt af bij dalende temperatuur;
- het is mogelijk een 110% verzadigde oplossing van sacharose in water te maken; in zo'n oplossing is de oplosbaarheid van sacharose met 10% overschreden zonder dat vaste stof ontstaat;
- als in een 110% verzadigde oplossing van sacharose wat sacharosekristallen worden gebracht, kristalliseert zoveel sacharose uit dat een 100% verzadigde oplossing ontstaat.

Eindexamen scheikunde 1-2 vwo 2002-II

havovwo.nl

Er zijn verschillende mogelijkheden om uit diksap door kristallisatie sacharose te winnen. Eén van die mogelijkheden omvat de volgende stappen.

Stap 1: Uit de nog niet verzadigde oplossing wordt bij een constante temperatuur van 70 °C net zo lang water verdampt tot een 110% verzadigde oplossing ontstaat.

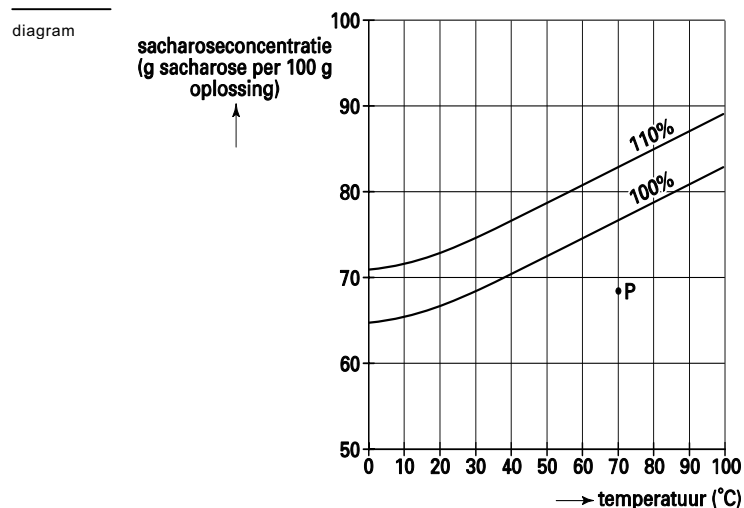
Stap 2: In de 110% verzadigde oplossing worden sacharosekristallen gebracht; bij een constante temperatuur van 70 °C kristalliseert zuivere sacharose uit. Deze vaste sacharose wordt volledig verwijderd.

Stap 3: De ontstane 100% verzadigde oplossing wordt afgekoeld tot een 110% verzadigde oplossing ontstaat.

Stap 4: In de dan verkregen 110% verzadigde oplossing worden sacharosekristallen gebracht; bij een constante temperatuur kristalliseert zuivere sacharose uit. Deze vaste sacharose wordt volledig verwijderd.

Met behulp van zogenoemde verzadigingscurven kan men afleiden wat de concentraties van de sacharose in de oplossingen na de stappen 1 tot en met 4 zullen zijn.

In onderstaand diagram zijn twee verzadigingscurven van sacharose in water getekend: die van 100% en die van 110%.



In het diagram is met een punt P de toestand, dat wil zeggen de temperatuur en het aantal g sacharose per 100 g oplossing, aangegeven van het diksap dat de kristallisatieruimte ingaat.

Op de bijlage is dit diagram op millimeterpapier weergegeven.

- 4p 12 □ Geef op de bijlage de toestand aan van de sacharose-oplossing na ieder van de vier verschillende stappen:
- met een punt A de toestand na stap 1
 - met een punt B de toestand na stap 2
 - met een punt C de toestand na stap 3
 - met een punt D de toestand na stap 4.

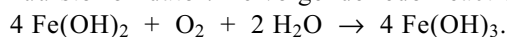
Messen slijten

Roest ontstaat doordat ijzer met zuurstof en water reageert. IJzerroest kan worden voorgesteld met de formule $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Men stelt zich voor dat de roestvorming in een aantal stappen verloopt.

Stap 1: Eerst wordt het ijzer omgezet tot Fe^{2+} . Zuurstof is hierbij de oxidator en reageert volgens de halfreactie $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$.

Stap 2: Vervolgens slaat ijzer(II)hydroxide neer: $\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2$.

Stap 3: Het ijzer(II)hydroxide wordt daarna omgezet tot ijzer(III)hydroxide; ook hier is zuurstof oxidator. De volgende redoxreactie treedt op:



Stap 4: Tenslotte wordt het ijzer(III)hydroxide omgezet tot ijzerroest.

- 2p **13** Geef de vergelijking van de halfreactie voor de omzetting van $\text{Fe}(\text{OH})_2$ tot $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (zie stap 3). Neem hierbij aan dat het milieu (zwak) basisch is.

- 3p **14** Geef de reactievergelijking voor de omzetting van $\text{Fe}(\text{OH})_3$ tot $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (zie stap 4).

Roestvast staal is een legering van ijzer met vooral chroom en heeft als eigenschap dat het bestand is tegen roesten door de vorming van een beschermend laagje chroom(IV)oxide. Roestvast staal wordt onder andere toegepast in de fabricage van tafelmessen. Van bepaalde duurdere soorten messen bleek na jaren intensief gebruik dat er beschadigingen in het lemmet (het deel waar je mee snijdt) ontstonden. De lemmeten van deze messen waren vervaardigd van roestvast staal en de handvatten bestonden uit een legering met als hoofdbestanddeel zilver. Om de schade aan de messen te verklaren, veronderstelt men dat tijdens de dagelijkse afwas met zeepwater het ijzer van het lemmet zich als opofferingsmetaal gedraagt om het zilver van het handvat te beschermen. Op plaatsen waar het beschermende laagje chroom(IV)oxide is beschadigd, treedt aantasting van het staal op. Daar gaan ijzerionen in oplossing. Men veronderstelt dat de elektronen die daarbij door het ijzer worden afgestaan naar het handvat kunnen stromen, waar ze door zuurstof worden opgenomen. Tijdens de afwas zouden de messen zich dus als elektrochemische cellen gedragen, waarbij er een elektrische stroom door het mes gaat.

Een leerling krijgt als opdracht na te gaan of de veronderstelling dat de messen zich tijdens de afwas als elektrochemische cellen gedragen, juist is. Daartoe scheidt hij van zo'n mes het handvat van het lemmet en maakt, onder andere met behulp van deze twee onderdelen, een elektrochemische cel. Het blijkt dat de cel stroom levert.

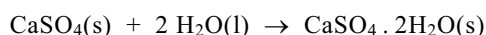
- 3p **15** Maak een schets van de bedoelde elektrochemische cel. Benoem de onderdelen van de cel en geef in je tekening ook aan welke de positieve elektrode en welke de negatieve elektrode is van de cel.

De gemiddelde grootte van de stroom die tijdens een afwasbeurt door een mes loopt, is $0,3\ \mu\text{A}$ (A is ampère; 1 ampère is 1 coulomb per seconde). Wanneer verder gegeven is dat ijzer het enige metaal is dat reageert, dat het ijzer wordt omgezet tot Fe^{2+} en dat de messen dagelijks tijdens de afwas 20 minuten in het zeepwater verblijven, dan kan worden berekend hoeveel gram ijzer in 15 jaar wordt omgezet.

- 6p **16** Geef deze berekening. Maak hierbij onder andere gebruik van Binas-tabel 7. Je hoeft bij deze berekening geen rekening te houden met schrikkeljaren.

■ Gipsverband

Vroeger stabiliseerde men gebroken armen en benen met gipsverband. Rondom de breuk werd een 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. Tijdens dit uitharden van het gips voelt het verband warm aan. De volgende reactie is dan opgetreden:



- 5p 17 Verklaar door middel van een berekening dat tijdens het uitharden van het gips het verband warm aanvoelt. Gebruik hierbij gegevens uit Binas-tabel 57A en het gegeven dat de vormingswarmte van $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}(\text{s})$ $-20,21 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ bedraagt.

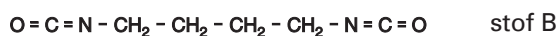
Tegenwoordig wordt voor dit soort verbanden bijna geen gips meer gebruikt, maar voornamelijk zogenoemde polyurethanen.

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:



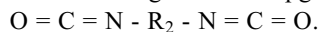
- 3p 18 Geef de systematische naam van stof A.

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

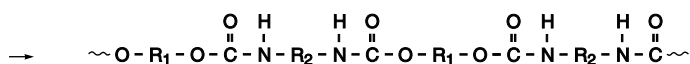
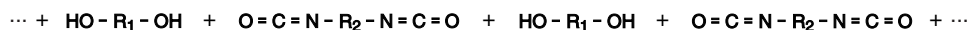


De groep $\text{N} = \text{C} = \text{O}$ heet isocyanaat.

In het vervolg van deze opgave wordt stof A aangeduid met $\text{HO} - \text{R}_1 - \text{OH}$ en stof B met



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.

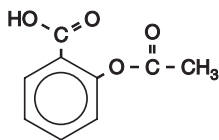
- 2p 19 Geef twee argumenten die de opvatting ondersteunen dat deze polymerisatiereactie berust op additie.

Isocyanaatgroepen kunnen met NH groepen op dezelfde manier reageren als met OH groepen. Daarom 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 20 Leg uit dat polymeer 2 gebruikt kan worden in een verband dat dient om een gebroken ledemaat te stabiliseren.

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 **21** Geef de reactievergelijking van deze hydrolyse. Noteer daarin de organische deeltjes in structuurformules.

Een bruistablet bevat, behalve acetylsalicylzuur, onder meer natriumwaterstofcarbonaat (NaHCO_3). 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 $\text{pH} = 5,00$. In deze oplossing zijn vrijwel alle acetylsalicylzuurmoleculen omgezet tot de zuurrestionen.

- 4p **22** Bereken hoeveel procent van de acetylsalicylzuurmoleculen in deze oplossing is omgezet tot zuurrestionen. Gebruik hierbij voor acetylsalicylzuur de notatie HAz en voor het zuurrestion van acetylsalicylzuur de notatie 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 ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$, molecuulmassa 192,1 u), 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 500 mg acetylsalicylzuur, 865 mg citroenzuur en 851 mg natriumwaterstofcarbonaat.

- 5p **23** 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.

Eindexamen scheikunde 1-2 vwo 2002-II

havovwo.nl

Op de bijsluiter 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 bekersglas, 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 bekersglas, 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} **24** Geef aan hoe Ellen proef 1 heeft uitgevoerd en welke metingen ze daarbij heeft gedaan.
- ^{2p} **25** 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.

Eindexamen scheikunde 1-2 vwo 2002-II

havovwo.nl

Bijlage bij vraag 12

Scheikunde 1,2 (nieuwe stijl)

Examen VWO 2002

Tijdvak 2

Woensdag 19 juni

13.30 –16.30 uur

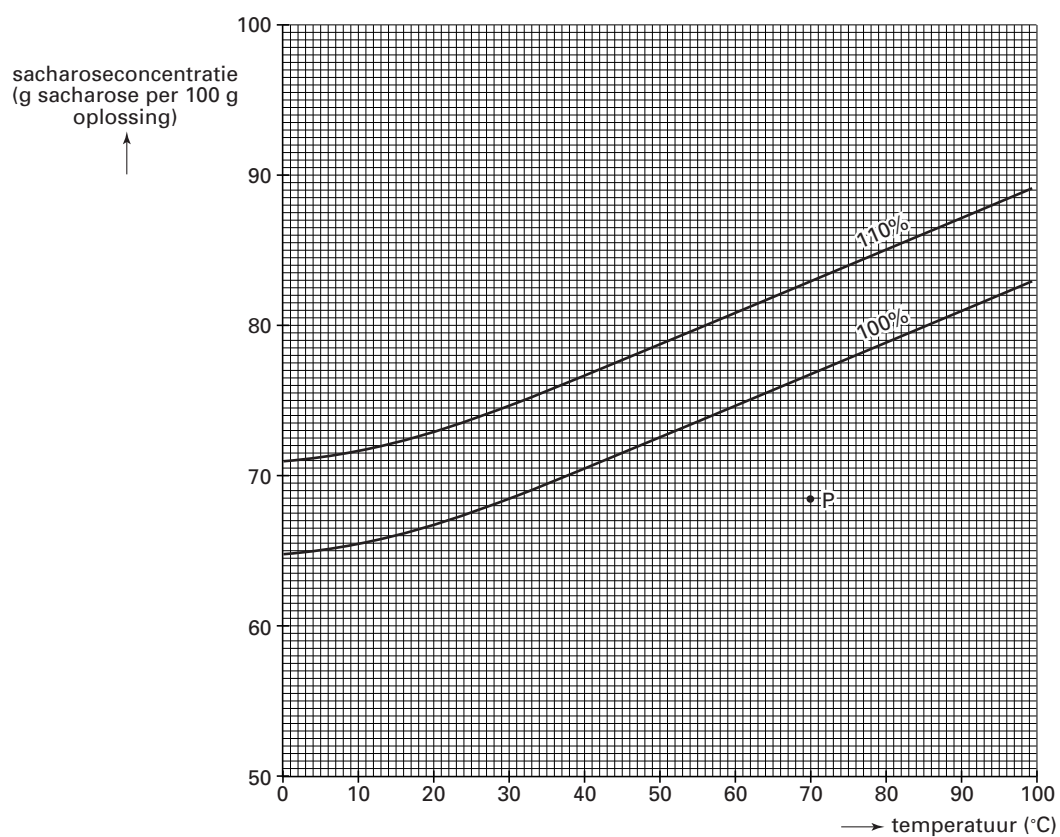
Vraag 12

Examennummer

.....

Naam

.....



artikel

Een snelle controle

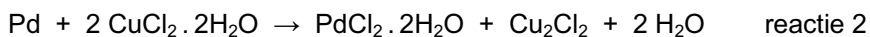
Er is een CO-detector in de vorm van een plastic badge in de handel. Deze kan in de buurt van een potentiële CO-bron op een muur worden bevestigd. Op een klein gedeelte van de badge zijn oranje kristallen aangebracht die zwart worden wanneer ze in contact komen met CO. Zelfs een geringe kleurverandering kan worden waargenomen door de kleur van de kristallen te vergelijken met de oranje ring die rondom de kristallen ligt. De chemie die aan 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.

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

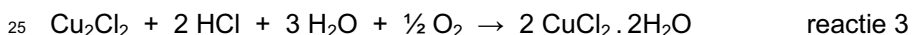
Reductie (treedt op in aanwezigheid van CO); CO reageert met palladium(II)chloridedihydraat waarbij koolstofdioxide ontstaat en Pd(II) tot Pd(0) wordt gereduceerd:



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



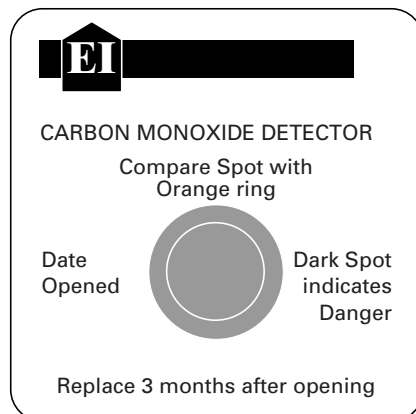
waarna koper(I)chloride wordt geoxideerd tot koper(II)chloride door zuurstof uit de lucht:



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 hydrofiele silicagel en door een hygroscopische², chloride-bevattende stof als calciumchloride en een sterk zuur als silicomolybdeen zuur ($\text{H}_8[\text{Si}(\text{Mo}_2\text{O}_7)_6] \cdot 28\text{H}_2\text{O}$) toe te voegen aan het systeem.

Deze detectoren zijn goedkoop, ze hebben echter hun beperkingen. Andere gassen dan CO zoals ammoniak en 'haarlagassen' kunnen vals alarm veroorzaken. Tevens worden de kristallen geleidelijk donkerder wanneer ze met lucht in contact staan, zelfs wanneer 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