

Brons

Deze opgave gaat over brons, een legering van koper en tin.
In het volgende tekstfragment komen het maken van brons in de oudheid en huidige toepassingen van brons aan de orde.
Lees het tekstfragment en beantwoord vervolgens de vragen.

tekstfragment

1 Zo'n 5000 jaar geleden waren mensen al in staat koper te winnen uit het
2 mineraal malachiet. Malachiet wordt weergegeven met de formule
3 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$. Koper werd in die tijd in een zogenoemde vuurplaats
4 gemaakt. Daarbij werd een hoeveelheid malachiet gemengd met een
5 ruime hoeveelheid houtskool (koolstof). Dit mengsel werd daarna bedekt
6 met houtskool. Dit houtskool werd verbrand. Door de warmte die hierbij
7 vrijkwam, ontleedde het malachiet tot koper(II)oxide (CuO), water en
8 koolstofdioxide.
9 Het ontstane koper(II)oxide werd vervolgens door de reactie met de
10 overgebleven koolstof omgezet tot koper.
11 Brons is toevallig ontdekt. Omdat de vuurplaats verontreinigd was met
12 casseriet, een mineraal dat voornamelijk uit SnO_2 bestaat, had het
13 materiaal dat werd gevormd een andere kleur dan men gewend was.
14 Voorwerpen gemaakt van dit materiaal (brons) bleken sterker dan
15 koperen voorwerpen. Vanaf deze ontdekking maakte men brons door een
16 mengsel van malachiet, casseriet en houtskool op eenzelfde manier te
17 laten reageren als bij de productie van koper. SnO_2 wordt daarbij omgezet
18 tot tin dat met het gevormde koper samensmelt tot vloeibaar brons.
19 Tegenwoordig wordt brons gemaakt door het mengen van vloeibaar koper
20 en vloeibaar tin. Dit vloeibare mengsel wordt vervolgens in vormen
21 gegoten. Na afkoelen kan het vaste brons worden bewerkt tot voorwerpen
22 zoals kranen en beelden. Voor kranen van waterleidingen wordt veelal
23 brons gebruikt dat 10 massaprocent tin bevat. Deze bronssoort wordt in
24 de materiaalkunde aangeduid als CuSn10 . Het is sterker en harder dan
25 koper en minder gevoelig voor aantasting door water in combinatie met
26 zuurstof en/of opgeloste zouten.

Malachiet kan worden opgevat als een mengsel van twee zouten.

- 3p 1 Geef de formules van deze twee zouten en geef de molverhouding waarin ze voorkomen in malachiet.
Noteer je antwoord als volgt:
formule zout 1: ...
formule zout 2: ...
molverhouding zout 1 : zout 2 = ... : ...

- 3p 2 Geef de vergelijking van de ontledingsreactie van malachiet die in regel 7 en 8 is beschreven.

De vorming van koper uit koper(II)oxide (regels 9 en 10) is een redoxreactie.

- 2p 3 Bepaal aan de hand van de ladingsverandering of de koperdeeltjes in koper(II)oxide bij deze reactie oxidator of reductor zijn.

Noteer je antwoord als volgt:

De lading van de koperdeeltjes in koper(II)oxide is: ...

De lading van de koperdeeltjes in koper is: ...

De koperdeeltjes in koper(II)oxide zijn dus: ...

Bronsoorten worden, behalve met een aanduiding als CuSn₁₀, ook wel aangeduid met een formule die de atomaire samenstelling van de bronssoort weergeeft, bijvoorbeeld Cu_xSn_y.

- 3p 4 Voer de volgende opdrachten uit:
- Bereken het aantal mol Cu en Sn in 100 gram CuSn₁₀.
 - Leid hieruit de formule van Cu_xSn₁ af waarin x een geheel getal is.

Brons geleidt elektrische stroom. Om dit te verklaren kan een beschrijving worden gebruikt van het kristalrooster van brons.

- 3p 5 Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef de naam van het type kristalrooster van brons.
 - Geef een beschrijving van het kristalrooster van brons waarmee verklaard kan worden dat brons elektrische stroom geleidt.

Maniok

Maniokmeel (cassavemeel) wordt gewonnen uit de wortelknol van de maniokplant en veel gegeten in Zuid-Amerika en Afrika.

Het is een voedingsbron die rijk is aan het koolhydraat zetmeel en weinig eiwit en vet bevat.

In het menselijk lichaam verloopt de afbraak van zetmeel in grote lijnen via twee reactietypen. Glucose is hierbij een tussenproduct.

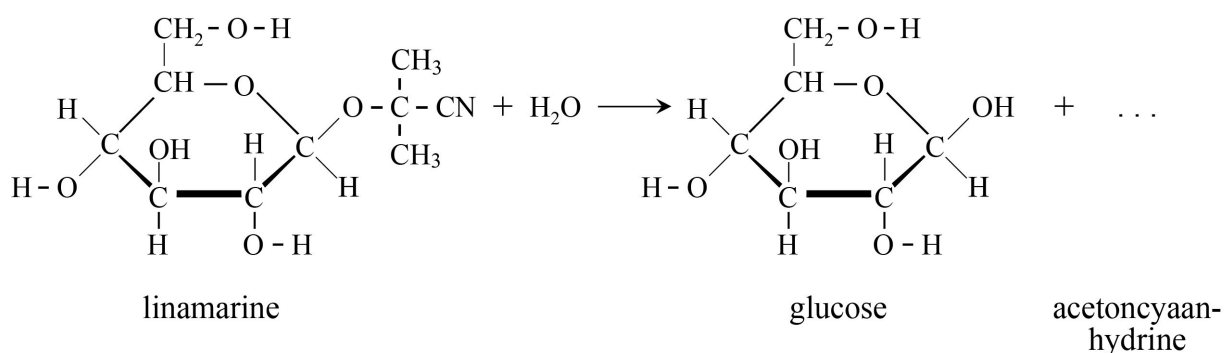
1p **6** Tot welk reactietype behoort de afbraak van zetmeel tot glucose?

1p **7** Tot welk reactietype behoort de afbraak van glucose tot koolstofdioxide en water?

Bij de productie van maniokmeel gaat men via een speciale methode te werk om een giftige stof die voorkomt in de maniokknol onschadelijk te maken. De knollen worden eerst geschild en gedroogd. Daarna worden ze in stukken gesneden en minstens drie dagen in water gelegd. Vervolgens worden de stukken uit het water gehaald, gedroogd en fijngemalen tot meel.

De giftige verbinding in de maniokknol is linamarine ($C_{10}H_{17}NO_6$). In een molecuul linamarine komt een nitrilgroep ($-CN$) voor. Bij de hierboven beschreven methode komt een enzym vrij dat linamarine omzet tot glucose en acetoncyaanhydrine. Deze omzetting is in figuur 1 onvolledig weergegeven.

figuur 1



In de vergelijking van figuur 1 wordt uitsluitend een C-O-C-groep verbroken.

2p **8** Geef de structuurformule van acetoncyaanhydrine. Geef de nitrilgroep als volgt weer: $-CN$.

Acetoncyaanhydrine ontleedt vervolgens. Hierbij ontstaat onder andere het giftige waterstofcyanide (blauwzuur). Dit verdampt bij de hierboven beschreven methode. Waterstofcyanide heeft de molecuulformule HCN.

- 2p 9 Geef de structuurformule van HCN. Geef alle atoombindingen weer.

In bepaalde delen van Afrika eten sommige bevolkingsgroepen gerechten van maniokmeel dat niet via de bovenbeschreven methode is geproduceerd. Daardoor krijgen deze mensen te veel cyanide (CN^-) binnen. Bij hen ontwikkelt zich een aandoening van het zenuwstelsel, konzo genaamd. Konzo kan leiden tot blijvende verlamming. Onder normale omstandigheden kan het menselijk lichaam kleine hoeveelheden CN^- onschadelijk maken door het om te zetten tot thiocynaat (SCN^-). Voor deze omzetting zijn zwavelverbindingen en het enzym rhodonase nodig. Enzymen verlagen de activeringsenergie en versnellen zo de reactie.

- 2p 10 Voer de volgende opdrachten uit:
- Geef de algemene term voor stoffen zoals enzymen die een specifieke reactie versnellen.
 - Geef aan waarom enzymen specifiek zijn voor één type reactie.

Door voorlichting te geven over de juiste productiewijze van maniokmeel wordt geprobeerd de ziekte konzo terug te dringen.

Ook wordt onderzocht of het eten van eiwitten die voldoende zwavel bevatten de ziekte kan voorkomen. Bij dat onderzoek heeft men eerst gekeken naar de bladeren van de maniokplant. Deze bevatten veel eiwitten en worden vaak als bijgerecht gegeten. Bij het onderzoek bestond vooral aandacht voor het gehalte aan één bepaald zwavelhoudend aminozuur dat mensen niet zelf kunnen maken, maar via hun voeding binnen moeten krijgen.

- 2p 11 Geef de namen van twee zwavelhoudende aminozuren **en** leg uit welk van deze aminozuren de mensen via hun voeding binnen moeten krijgen. Gebruik hierbij je informatieboek.

Hard water

Water met een hoog gehalte aan calciumionen noemen we hard water. De hardheid van water wordt vaak uitgedrukt in Duitse hardheidsgraden, °D. Water met een hardheid van 1,00 °D bevat 7,17 mg Ca²⁺ per liter. Leidingwater in Nijmegen bevat $2,2 \cdot 10^{-3}$ mol Ca²⁺ per liter.

- 3p 12 Bereken de hardheid, in °D, van het Nijmeegse leidingwater. **Geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers.**

Wanneer hard water wordt verhit, ontstaat een witte aanslag van kalk (CaCO₃). Dit ontstaan van kalkaanslag kan met de volgende reactievergelijking worden weergegeven:



- 2p 13 Leg uit, aan de hand van formules in de reactievergelijking, dat HCO₃⁻ in deze reactie zowel een zuur als een base is.

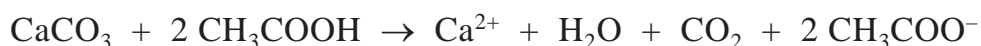
In apparaten waarin water wordt verwarmd, komt kalkaanslag voor. Deze kalkaanslag moet regelmatig worden verwijderd. Op Wikipedia staat hoe je dit in een elektrische waterkoker kunt doen:

tekstfragment

Een waterkoker met een dompelaar als verwarmingselement zal na verloop van tijd veel kalk op het verwarmingselement krijgen. Dit kan simpel worden verwijderd door de waterkoker te vullen met natuurazijn. Na een paar minuten is de kalk in de azijn opgelost. Deze azijn kan vele malen worden hergebruikt als ontkalker, wanneer deze onverdund wordt gebruikt.

naar: Wikipedia

Natuurazijn is een oplossing van azijnzuur in water. Het verwijderen van kalk met behulp van natuurazijn komt neer op de volgende zuur-basereactie:



Op de website www.VoorOma.nl staat het advies de azijn in de waterkoker even aan de kook te brengen.

- 3p 14 Leg uit waarom dit handig is. Gebruik in je uitleg het botsende-deeltjesmodel.

Emine berekent op school de reactiewarmte voor de reactie van kalk met azijnzuur. Ze komt uit op $\Delta E = -1,2 \cdot 10^4$ J per mol CaCO_3 . Op de uitwerkbijlage is een nog onvolledig energiediagram gegeven van deze reactie.

- 3p **15** Maak het energiediagram op de uitwerkbijlage af.
- Teken het ontbrekende energieniveau van de geactiveerde toestand.
 - Teken het ontbrekende energieniveau van de reactieproducten.
 - Geef ΔE op de juiste plaats in het energiediagram aan.
 - Gebruik bijschriften.

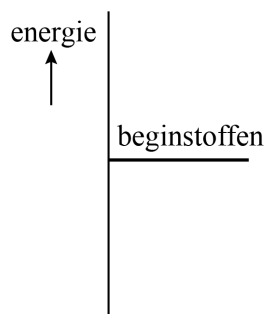
Het verwarmingselement van waterkokers is vaak gemaakt van koper waarop een laagje chroom is aangebracht. Hoewel chroom een onedeler metaal is dan koper, is zo'n verchroomd verwarmingselement toch bestand tegen corrosie.

Door reactie met zuurstof ontstaat namelijk op het chroom een laagje chroomoxide dat verdere aantasting van het chroom verhindert.

- 2p **16** Verklaar met behulp van begrippen op microniveau dat een laagje chroomoxide de corrosie van het daaronder liggende chroom verhindert.

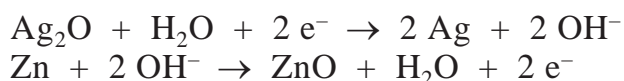
uitwerkbijlage

15



Zalmbatterijtje

Zalmen leggen grote afstanden af in rivieren. Om deze verplaatsingen te kunnen volgen, wordt een aantal zalmen voorzien van een zendertje. De energie voor deze zendertjes wordt geleverd door zilveroxidebatterijtjes. De volgende halfreacties vinden plaats bij stroomlevering:

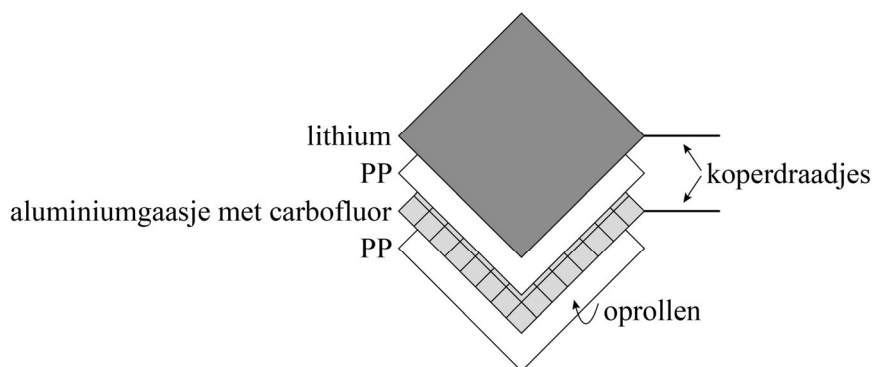


- 2p 17 Geef met behulp van deze halfreacties de vergelijking van de totale reactie voor de stroomlevering.

De zilveroxidebatterijtjes zijn te groot en te zwaar voor jonge zalm. Daarom hebben Amerikaanse onderzoekers een kleiner en lichter batterijtje, een zogenaamd zalmbatterijtje, ter grootte van een rijstkorrel ontwikkeld.

In figuur 1 is de opbouw van het batterijtje schematisch weergegeven.

figuur 1



Het batterijtje wordt als volgt gemaakt:

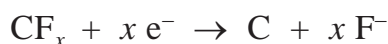
- Een aluminiumgaasje wordt ingesmeerd met een pasta van carbofluur.
- Dit gaasje wordt tussen twee dunne laagjes polypropeen (PP) gelegd.
- Daarop komt een dun velletje lithium.
- Aan de elektroden (het aluminiumgaasje en het lithiumvelletje) zijn koperdraadjes bevestigd.
- De vier laagjes worden opgerold en in een kokertje gestopt.
- Het kokertje wordt gevuld met elektrolyt en daarna dichtgemaakt.
- Alleen de twee koperdraadjes steken uit het kokertje.

De elektrolyt is een organisch oplosmiddel waarin de stof LiPF_6 is opgelost. LiPF_6 bestaat uit twee soorten deeltjes: Li^+ en PF_6^- .

Carbofluur wordt aangeduid met de formule CF_x .

In deze formule is x een getal dat kleiner is dan 1,25.

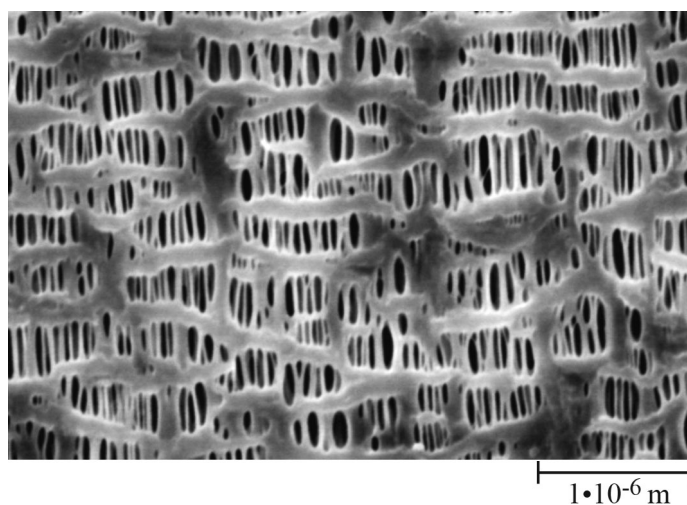
Wanneer het batterijtje stroom levert, treden de volgende halfreacties op:



- 2p 18 Leg uit of de elektrode met carbofluur de positieve of de negatieve elektrode is.

Figuur 2 toont een microscoopopname van een deel van het laagje polypropreen.

figuur 2



In figuur 2 is te zien dat het polypropreen niet dicht is, maar gaatjes heeft.

- 2p 19 Leg uit dat de gaatjes noodzakelijk zijn voor de werking van het batterijtje.
- 3p 20 Geef de structuurformule van een fragment van polypropreen. Dit fragment moet komen uit het midden van een molecuul en drie monomeereenheden bevatten.

Een van de redenen waarom in het zalmbatterijtje lithium wordt gebruikt in plaats van zink is dat 1,00 gram lithium meer elektronen kan leveren dan 1,00 gram zink.

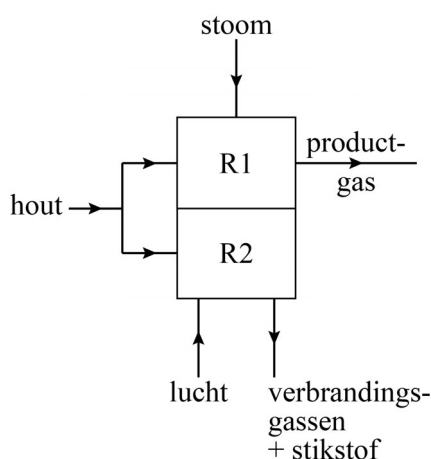
- 2p 21 Toon dit aan met behulp van een berekening.
- 3p 22 Bereken het maximale aantal dagen dat een zalmbatterijtje energie kan leveren voor het zendertje waarmee de zalm is uitgerust. Gebruik hierbij de volgende gegevens:
- De massa van het batterijtje is 100 mg.
 - De verhouding energie/massa van het batterijtje is 799 J g^{-1} .
 - Het zendertje geeft één signaal per drie seconden.
 - Voor ieder signaal is $1,0 \cdot 10^{-4} \text{ J}$ nodig.

Methaan uit hout

Bij ECN in Petten is een proces ontwikkeld waarbij methaan uit (afval)hout wordt geproduceerd. Sinds 2015 draait er een proeffabriek volgens dat proces. Een essentieel onderdeel van de fabriek is een zogenoemde vergassingsreactor (R1) waarin hout bij ongeveer 850 °C wordt omgezet tot een mengsel van verschillende gassen.

De warmte die hiervoor nodig is, wordt geleverd door een verbrandingsreactor (R2) die voornamelijk wordt gevoed met hout. In onderstaand blokschema zijn deze onderdelen van de fabriek vereenvoudigd weergegeven.

blokschema



- 3p **23** Geef de reactievergelijking voor de volledige verbranding van hout. Gebruik hierbij $(C_6H_{10}O_5)_n$ als formule voor hout.

Het productgas dat de vergassingsreactor (R1) verlaat, bestaat voor een belangrijk gedeelte uit koolstofmono-oxide en waterstof.

De vorming van deze gassen verloopt volgens reactie 1. In deze reactievergelijking is hout vereenvoudigd weergegeven met de formule $C_6H_{10}O_5$.



- 3p **24** Bereken de reactiewarmte (bij 298 K en $p = p_0$) van reactie 1 in J per mol $C_6H_{10}O_5$.
Gebruik hierbij:
- de vormingswarmte van $C_6H_{10}O_5 (s)$: $-9,9 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ ($T = 298 \text{ K}$, $p = p_0$);
 - Binas-tabel 57A of ScienceData-tabel 9.2a.

Behalve CO en H₂ bevat het productgas ook CO₂, C₂H₄, C₆H₆ (benzeen) en hogere koolwaterstoffen (koolwaterstoffen met een groter aantal C-atomen per molecuul).

De hogere koolwaterstoffen worden in een eerste scheidingsruimte (S1) door afkoeling uit het productgas afgescheiden als teer.

De teer wordt naar de verbrandingsreactor (R2) geleid, waar het ook wordt verbrand.

In een tweede scheidingsruimte (S2) wordt het overgebleven productgas verder afgekoeld zodat benzeen als vloeistof wordt afgescheiden. Dit kan worden gebruikt als grondstof in de kunststofindustrie.

- 2p 25 Leg uit tot welke temperatuur het gasmengsel in scheidingsruimte S2 minstens moet worden afgekoeld. Maak gebruik van Binas of ScienceData.

Het benzeengehalte van het productgas is afhankelijk van het soort hout dat in de vergassingsreactor (R1) wordt ontleed.

Bij een bepaald soort hout bevat het productgas uit de vergassingsreactor 0,35 volumeprocent benzeen (C₆H₆).

- 4p 26 Bereken hoeveel gram benzeen aanwezig is per m³ productgas. **Geef de uitkomst in het juiste aantal significante cijfers.** Maak hierbij onder andere gebruik van het volgende gegeven:
1,0 mol van elk gas heeft bij 850 °C een volume van 92 dm³.

Het CO uit het productgas wordt in een reactor (R3) omgezet tot methaan. Deze omzetting wordt met de volgende reactievergelijking weergegeven:



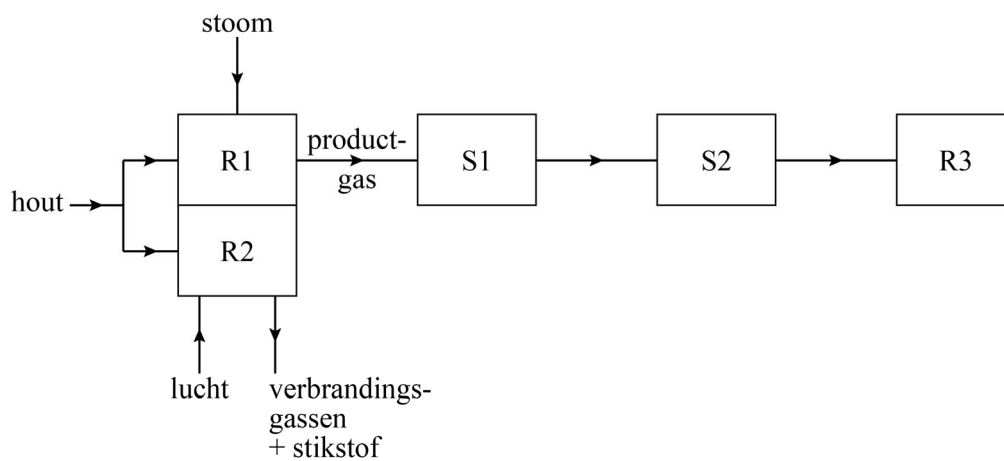
- 2p 27 Bereken de atoomeconomie voor de vorming van methaan volgens reactie 2. Maak gebruik van Binas-tabel 37H of ScienceData-tabel 1.7.7.

Ook de andere stoffen uit het productgas worden in R3 omgezet tot methaan. Voor al deze omzettingen in R3 is extra waterstofgas nodig. Op de uitwerkbijlage bij dit examen is een nog onvolledig blokschema van het beschreven proces weergegeven. Er ontbreekt een aantal stofstromen.

- 4p 28 Maak het blokschema op de uitwerkbijlage compleet door de ontbrekende stofstromen te tekenen.
- Gebruik lijnen met pijlen voor stofstromen.
 - Geef bij elke zelf getekende stofstroom de naam/namen van de betreffende stof/stoffen.

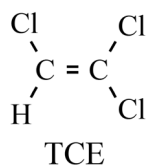
uitwerkbijlage

28



BioPAD®

Op plaatsen waar wasserijen hebben gestaan, is het grondwater vaak verontreinigd met trichlooretheen (TCE).



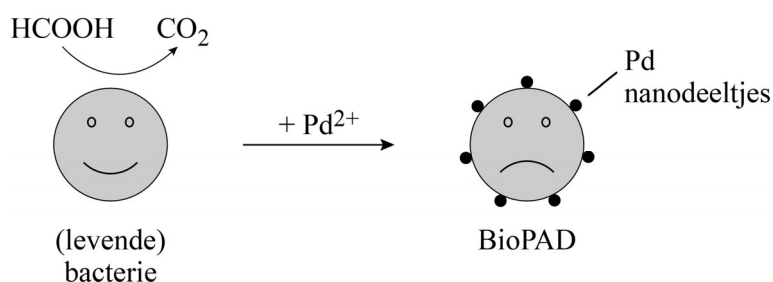
De vloeistof TCE wordt gebruikt om bepaalde soorten textiel te reinigen.

- 2p 29 Leg uit welk soort vuil met behulp van TCE verwijderd kan worden uit textiel: hydrofiel of hydrofoob vuil.

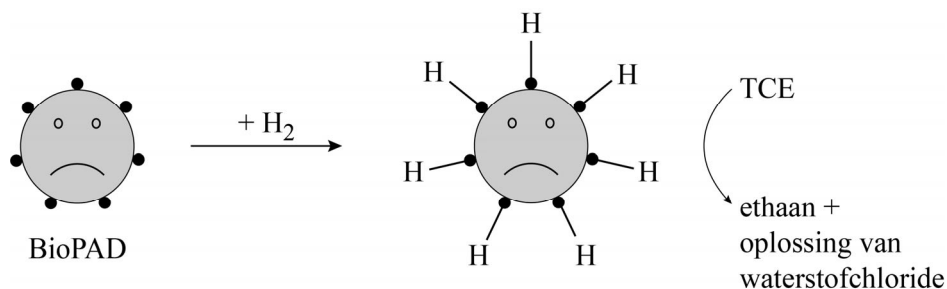
In een laboratorium wordt een methode onderzocht om grondwater waarin TCE voorkomt, te zuiveren. BioPAD is het middel dat daarbij een essentiële rol speelt. BioPAD bestaat uit zeer kleine korreltjes van het metaal palladium (Pd) die via een reactie op de buitenkant van bacteriën terecht zijn gekomen. In figuur 1 zijn de vorming van BioPAD (figuur 1A) en het zuiveringsproces (figuur 1B) schematisch weergegeven.

figuur 1

A. Vorming van BioPAD



B. Zuiveringsproces



naar: www.avecom.be

Om BioPAD te vormen (figuur 1A) wordt eerst een oplossing van methaanzuur (HCOOH) toegevoegd aan een suspensie van bacteriën. Daarna wordt een oplossing van palladiumchloride (PdCl₂) toegevoegd. Onder invloed van enzymen in de bacteriën treedt een reactie op. Hierbij wordt HCOOH omgezet tot CO₂ en wordt het metaal palladium gevormd uit Pd²⁺-ionen.

Het gevormde palladium hecht zich in de vorm van zeer kleine korreltjes (met een diameter van ongeveer 30 nanometer) aan de celwand van de bacteriën. De bacteriën sterven vervolgens af. De celwand blijft echter heel. Tijdens het zuiveringsproces (figuur 1B) wordt H₂-gas toegevoegd, waarbij waterstofatomen zich hechten aan de palladiumkorreltjes.

- 1p 30 Welk soort chemische binding wordt verbroken bij de omzetting van H₂ tot waterstofatomen?

De vergelijking van de totale reactie die optreedt tijdens het zuiveringsproces (figuur 1B) is hieronder schematisch weergegeven.



- 3p 31 Maak deze vergelijking van de totale reactie van het zuiveringsproces compleet.
- Maak gebruik van informatie in figuur 1B.
 - Vervang TCE en ethaan door molecuulformules.
 - Zet formules van de ontbrekende deeltjes op de plaats van de stippellijntjes.
 - Maak de vergelijking kloppend.

Voor de omzetting van TCE tot onder andere ethaan zou ook palladiumpoeder als katalysator gebruikt kunnen worden. Een belangrijk voordeel van BioPAD als katalysator is dat de Pd-deeltjes niet samenklonteren tot grotere deeltjes.

- 2p 32 Leg uit waarom dit een voordeel is bij dit proces.

De zuivering van water dat verontreinigd is met TCE wordt uitgevoerd in een reactor waarin een membraan is aangebracht. De opgeloste stoffen kunnen het membraan passeren, maar BioPAD niet.

- 2p 33 Geef twee redenen waarom het gunstig is dat BioPAD in de reactor achterblijft.