

OPGAVEN redoxreacties

OPGAVE 1 Tabel 48 toepassen

1. Verdund oxaalzuur ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) met aangezuurd kaliumpermanganatoplossing
2. Aangezuurd natriumchloraatopl. (NaClO_3) met natriumsulfietoplossing
3. Chloorwater met waterstofperoxide-oplossing

OPGAVE 2 AMMONIUM EFFICIËNT AFGEBROKEN

Chemisch2Weekblad, 30 maart 2002

AMMONIUM EFFICIENT AFGEBROKEN DOOR BACTERIEKOPPEL

Delftse en Nijmeegse milieubiotechnologen hebben een goed huwelijk gearrangeerd tussen een zuurstofhatende en een zuurstofminnende bacterie. De Anammox-bacterie zet nitriet om in stikstofgas met ammonium als voedselbron. De nitrificerende Nitrosomonas-bacterie maakt het daarvoor benodigde nitriet met behulp van zuurstof uit ammonium. Samen zetten ze ammonium in afvalwater volledig om in het onschadelijke stikstofgas.

Tot een paar jaar geleden dachten de onderzoekers dat de zuurstofhatende en de zuurstofminnende bacterie nooit beide in hetzelfde reactorvat konden gedijen. Bij heel lage zuurstofconcentraties en een overmaat aan ammonium kunnen ze echter prima samenleven. Ze noemden het proces 'canon', wat staat voor 'completely autotrophic nitrogen removal over nitrite'.

In het artikel lees je over het resultaat van milieubiotechnologen. Biotechnologen zijn ingenieurs die biologische processen (zoals bierbrouwen of gist maken) in het groot laten verlopen.

- 1 Welk milieuprobleem kan door de beschreven onderzoeksresultaten worden aangepakt?

Men spreekt in het artikel over zuurstofhatende en zuurstofminnende bacteriën.

- 2 Welke bacteriesoort is zuurstofhatend en welke is zuurstofminnend?

Als eerste moet er uit ammonium en zuurstof nitriet, NO_2^- , gevormd worden.

- 3 Geef de vergelijking van deze vorming in een reactie weer.

Daarna reageren nitriet en ammonium met elkaar onder vorming van stikstof en water.

- 4 Geef de halfreactie voor de omzetting van nitriet in stikstof.

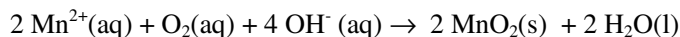
- 5 Geef de halfreactie voor de omzetting van ammonium in stikstof.

- 6 Stel de totaalvergelijking van de reactie tussen nitriet en ammonium op.

OPGAVE 3 Winklertitratie

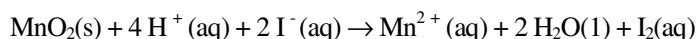
Het zuurstofgehalte in slootwater kan bepaald worden met de methode van Winkler. Een zuurstofbepaling volgens Winkler verloopt als volgt:

In een vat van 100 ml wordt 1,0 ml gebracht van een oplossing die is verzadigd met mangaan(II)sulfaat. Tevens wordt ingebracht 1,0 ml van een oplossing die is verzadigd met NaOH en met KI. Het vat wordt daarna *geheel* gevuld met bijvoorbeeld slootwater en luchtdicht afgesloten. Er mogen geen luchtbellen in het vat aanwezig zijn. Door schudden ontstaat een neerslag van mangaan(IV)oxide als gevolg van de reactie:



- 1 Bovenstaande reactie is een redoxreactie. Geef de halfreactie van het $\text{Mn}^{2+}(\text{aq})$ in basisch milieu

In het laboratorium wordt het watermonster na 10 minuten wachten aangezuurd door toevoeging van 2,0 ml 16 M H_3PO_4 . Nu treedt de volgende reactie op:



Het mengsel wordt vervolgens getitreerd met 0,010 M natriumthiosulfaatoplossing met stijfjel als indicator. Er is 9,60 ml thio nodig om de blauwe kleur te laten verdwijnen.

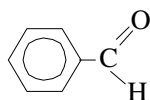
- 2 Geef de halfreacties en de totale vergelijking van de reactie tussen natriumthiosulfaatoplossing en jood
- 3 Bereken het aantal mg O_2 per liter slootwater (verwaarloos de volumeveranderingen als gevolg van de toegevoegde reagentia).

OPGAVE 4 Aromatische alkanalen.

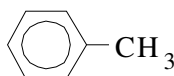
Aromatische alkanalen zoals fenylmethanal zijn in gebruik als intermediären bij de productie van farmaceutische stoffen en landbouwchemicaliën. De productie hiervan, bijvoorbeeld door de oxidatie van methylbenzeen, geeft veel afvalstoffen. De reductie van benzeencarbonsuur met waterstof heeft dit nadeel niet.

Martijn de Lange en collega's van de Universiteit Twente hebben het mechanisme van deze reactie nader onderzocht, met zinkoxide (ZnO) en zirkoonoxide (ZrO_2) als katalysator. De opbrengst aan fenylmethanal was in beide gevallen meer dan 95% onder omstandigheden met een hoge partiële druk van waterstof.

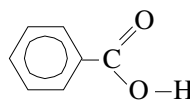
De reactie gaat via het zogenaamde omgekeerde 'Mars en Van Krevelen mechanisme'.



fenylmethanal



methylbenzeen



benzeencarbonsuur

In de tekst wordt gesproken over de oxidatie van methylbenzeen. Als oxidator kan kaliumpermanganaatopl in zuur milieu gebruikt worden.

- 1 Leid de halfreactie af voor methylbenzeen als reductor, waarbij fenylmethanal ontstaat.
Geef de koolstofverbindingen in structuurformules weer.
- 2 Geef de halfreactie van de oxidator en leidt vervolgens met behulp van halfreacties de totale vergelijking voor de reactie van methylbenzeen met aangezuurde kaliumpermanganaatoplossing af.

Een alternatief is de reductie van benzeencarbonzuur met waterstof en een juiste katalysator.

- 3 Geef de reactievergelijking van deze reductie. Geef de koolstofverbindingen in structuurformules.

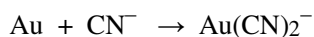
Uit de formules van de zouten van de gebruikte katalysator kan de lading van het zirkoonion afgeleid worden.

- 4 Geef de formule van het zirkoonion. Leg uit hoe je aan je antwoord gekomen bent.

OPGAVE 5 Goudwinning

Goud komt in de natuur samen met zilver voor in gesteenten, het zogenoemde gouderts. Uit dit erts wordt goud gewonnen. Aan een artikel over de winning van goud zijn de tekstfragmenten 2 en 3 op de bijlage hieronder ontleend.

Lees tekstfragment 2 hieronder. De reactievergelijking in tekstfragment is fout. De correcte vergelijking kan worden afgeleid onder andere met behulp van het gegeven dat deze reactie een redoxreactie is. De vergelijking van de halfreactie van het goud is hieronder gedeeltelijk weergegeven:



De andere halfreactie is die van zuurstof in niet-zuur milieu.

- 1 Maak de hierboven gegeven onvolledige vergelijking van de halfreactie van het goud af.
- 2 Leid met behulp van de vergelijkingen van de halfreacties de correcte vergelijking af van de reactie die wordt bedoeld in het tekstfragment.

Lees tekstfragment 3.

De grondstof voor de raffinaderij is ruw goud met 90,0 massaprocent goud en

10,0 massaprocent zilver.

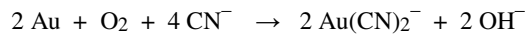
- 3 Bereken hoeveel dm^3 chloorgas ($T = 298 \text{ K}$, $p = p_0$) nodig is voor de productie van een staaf goud van 12,50 kg met 99,6 massaprocent goud,

uit de grondstof met 90,0 massaprocent goud en 10,0 massaprocent zilver.

Goudwinning

tekstfragment 2

Bij het cyanideproces vermengt men fijngemalen gouderts met een natriumcyanide-oplossing. Het goud, evenals zilver, reageert met deze oplossing en zuurstof, volgens de reactievergelijking:

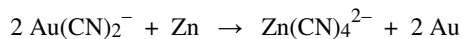


De reactie verloopt volledig en snel naar rechts. In de praktijk roert men het ertsconcentraat in een natriumcyanide-oplossing waar lucht door borrelt. Als de edelmetalen zijn opgelost, filtreert men het gesteente af.

naar: Het Digitale Archief III (cd-rom Natuur & Techniek, 1999)

tekstfragment 3

Het goud in oplossing wordt teruggewonnen door reductie met zinkpoeder:



Het goud slaat neer en bevat meestal nog aanzienlijke hoeveelheden zilver. De legering wordt gesmolten, in staven gegoten en naar de raffinaderij getransporteerd. In deze raffinaderij wordt de legering gesmolten waarna men er chloorgas doorheen blaast. Zilver vormt daarbij zilverchloride dat op het gesmolten metaal komt drijven. Als het zilveragehalte tot beneden 0,4% is gedaald, beëindigt men het chloreren, schept het zilverchloride van de vloeistof af, en giet daarna het goud in staven van 12,50 kg. Ze zijn voor de verkoop gereed, de zuiverheid is 99,6 massaprocent.

naar: Het Digitale Archief III (cd-rom Natuur & Techniek, 1999)

Activiteit 2.1 Brandstofcellen.

Opdracht 10: Introductie

Lees door bron 2: "Brandstof voor de waterstofeconomie" (2 bladzijden).

Experiment 8: Onze brandstofcelauto en productie van waterstofgas

De auto op waterstofgas zullen we door de klas laten rijden. Daarnaast wordt in een demonstratie opstelling de duurzaamheid van waterstof getoond.

Brandstofcel

Brandstofcellen zijn elektrochemische toestellen die chemische energie van een doorgaande reactie direct omzetten in elektrische energie. Het verschil met een batterij of accu is dat er voortdurend nieuwe reagentia van buiten kunnen worden aangevoerd.

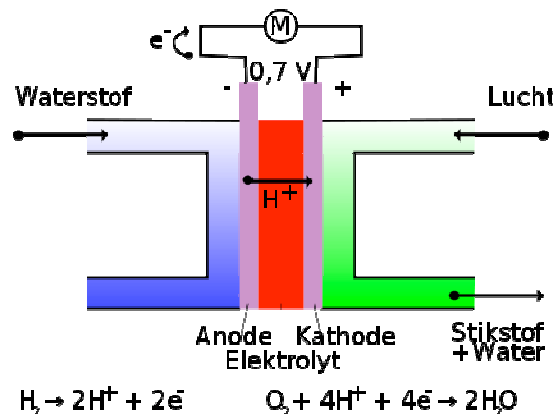
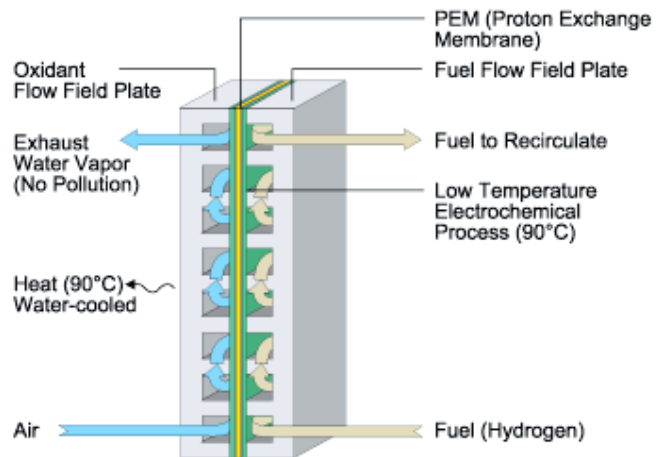
Elke brandstofcel bestaat uit een positieve poreuze elektrode, de anode, en een negatieve poreuze elektrode, de kathode. Daartussen zit een medium dat beide elektroden uit elkaar houdt, de elektrolyt. Het type elektrolyt verschilt per brandstofcel. De drie lagen bij elkaar zijn vaak niet meer dan 1 millimeter dik. (Een schematische opzet is hiernaast weergegeven).

Een enkele brandstofcel heeft een uitgangsspanning van ongeveer 0,7 volt.

Om een hogere spanning te krijgen worden meerdere brandstofcellen in serie geplaatst. Dit wordt dan een "stack" genoemd

Opdracht 11: Brandstofcellen

Aan de hand van animaties bekijken we een aantal brandstofcellen. We gaan na welke reacties er aan de elektroden optreden. Maak aantekeningen.



Opdracht 11: Bron 3Introductie

Lees door bron 3 “Energie uit chemie” (2 bladzijden).

Soorten brandstofcellen

Brandstofcellen worden vaak genoemd naar de aard van het gebruikte elektrolyt en zijn onder te verdelen in twee groepen:

Hoge-temperatuurbrandstofcellen:



Toyota FCHV [PEM FC](#) brandstofcel auto

[PAFC](#): Phosphoric Acid Fuel Cell (fosforzure brandstofcel)

[PCFC](#): [Protonic Ceramic Fuel Cell](#)

[MCFC](#): Molten Carbonate Fuel Cell (gesmolten-carbonaatbrandstofcel)

[SOFC](#): Solid Oxide Fuel Cell (vaste-oxidebrandstofcel)

[Water fuel cell](#): motor die zou werken met water als brandstof - nooit met succes (na)gemaakt.

Lage temperatuur brandstofcellen:

[AFC](#): Alkaline Fuel Cell (alkalische brandstofcel)

[DBFC](#): Direct Borohydride Fuel Cells

[DMFC](#): Direct Methanol Fuel Cell (Dit is een uitzondering in de naamgeving)

[FAFC](#): Formic acid fuel cell

[PEM FC](#): Proton Exchange Membrane Fuel Cell (of Polymer Electrolyte Fuel Cell) (vaste-polymeerbrandstofcel)

[Omkeerbare brandstofcel](#)

[Redox Fuel Cell](#)

[Zinc fuel cell](#)

[MFC](#): Microbial Fuel Cell (Biobrandstofcel)

Types brandstofcellen en enkele karakteristieke eigenschappen						
	AFC	PEM FC	DMFC	PAFC	MCFC	SOFC
Bedrijfstemperatuur (°C)	80	40-80	60-130	200	650	1000
Brandstof	H ₂	H ₂ (/CO ₂)	methanol	H ₂ (/CO ₂)	H ₂ , CO	H ₂ , CO
Elektrolyet	KOH	polymeer	polymeer	fosforzuur	gesmolten carbonaat	Vast Oxide
Mobiele ion	OH ⁻	H ⁺	H ⁺	H ⁺	(CO ₃) ²⁻	O ²⁻
Toepassing	ruimtevaart , (transport)	transport, grootschalige energie opwekking, WKK , draagbare energie	laptop, mobieltje, draagbare energie, transport.	grootschalige energie opwekking, WKK	grootschalige energie opwekking, WKK	grootschalige energie opwekking, WKK

Levensduur

In de hoge-temperatuurcellen (MCFC en SOFC) is de verlenging van de levensduur van de celstapelingen tot minstens 90 000 uur (circa 10 jaar) één van de grootste technische uitdagingen.

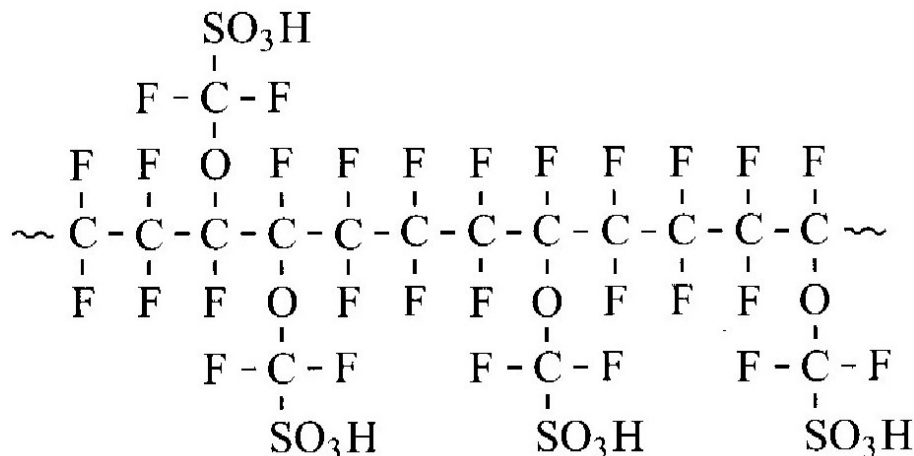
Voortgang

Op dit moment is het grootste nadeel van de toepassing van waterstof gelegen in de kosten. Toen NASA voor het eerst een brandstofcel toepaste, kostte een kilowattuur (kWh) ruim 58 euro. In 2000 waren de kosten al teruggelopen tot zo'n 0,10 euro per kWh. Anno 2006 zijn de kosten vooral afhankelijk van de afstand waarover waterstof moet worden aangevoerd. In de regio's Rotterdam en Delfzijl ontstaat waterstof als bijproduct in de procesindustrie. Mede gefinancierd door SenterNovem (uitvoeringsorganisatie van het ministerie van Economische Zaken op het gebied van duurzaamheid en innovatie) heeft de Nederlandse brandstofcelproducent Nedstack samen met AKZO Nobel Chemicals in 2006/2007 in Delfzijl een proef-elektriciteitscentrale gebouwd met een elektrisch vermogen van in eerste instantie 100 kW, met als uiteindelijk doel een PEM-powerplant van 5 MW, waar de brandstofcellen in een duurproef worden getest. Het waterstof dat als brandstof dient komt vrij als bijproduct van de elektrolytische bereiding van chloor en de brandstofcellen leveren een deel van de hiervoor benodigde elektriciteit.

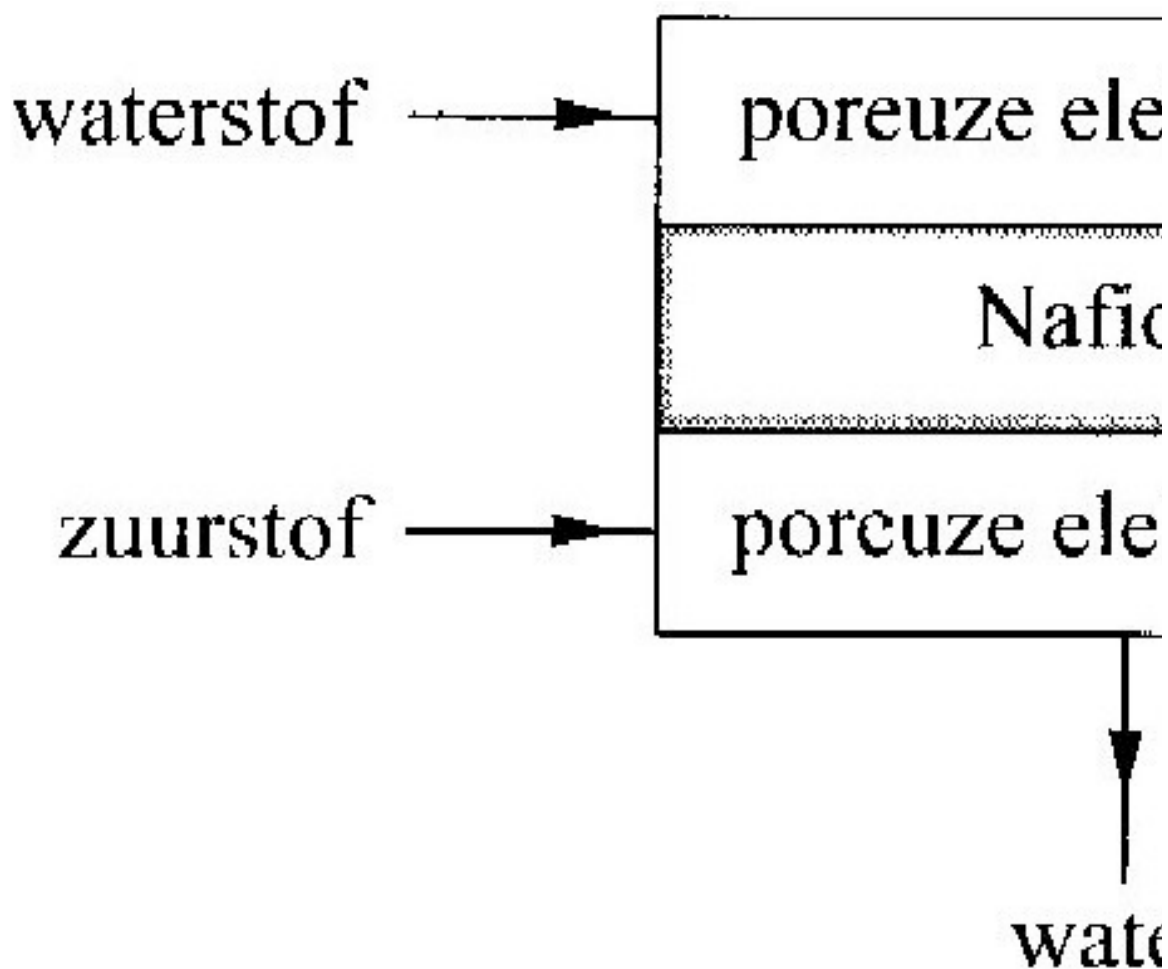
Afhankelijk van de brandstof hebben veel brandstofcellen schone afvalproducten, bijvoorbeeld puur water, die het milieu niet belasten. Dit voordeel wordt veelal echter tenietgedaan als de gebruikte brandstoffen uit of met gebruik van bestaande niet-schone energiedragers (aardgas, kolen) moeten worden gewonnen waarbij wel milieubelasting optreedt. Het zou daarom wenselijk zijn om de brandstof uit een schone bron te betrekken, bijvoorbeeld door met zonne-energie of waterkracht water te splitsen in waterstof en zuurstof. Er is al veel onderzoeks- en ontwikkelingswerk gedaan om op deze manier een schone, zogeheten waterstofeconomie te verwezenlijken; de techniek is zover, de brandstofcellen zijn voldoende ontwikkeld voor bijvoorbeeld toepassing bij Micro-WKK en in auto's, het probleem ligt nu in de distributie van waterstof, zoals de introductie van voldoende tankstations en uitwisselbare (hervulbare) tanks.

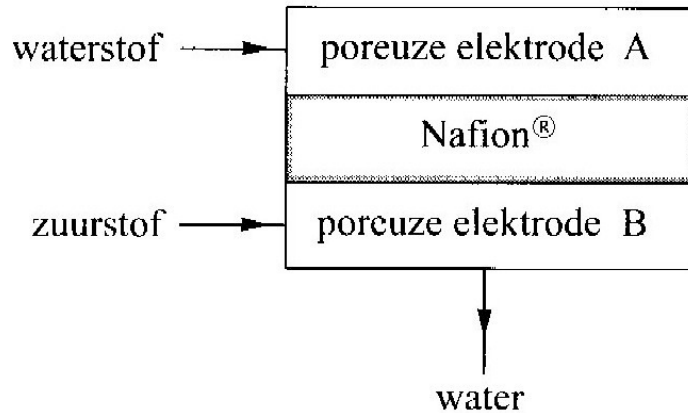
OPGAVE 1 Nafion

Nafion® is een polymeer dat wordt toegepast als membraan in elektrochemische cellen. Nafion® kan worden beschouwd als een additiepolymeer, ontstaan uit twee soorten monomeren. Een gedeelte uit het midden van een molecuul Nafion® kan als volgt in structuurformule worden weergegeven:



- 1 Gee
 2 Leg
- He
me
ele
Na
On
eer





De brandstofcel bestaat uit twee poreuze elektroden A en B, beide gemaakt van grafiet. De elektroden zijn van elkaar gescheiden door een membraan van Nafion®. Door elektrode A stroomt waterstof en door elektrode B stroomt zuurstof. Wanneer beide elektroden door middel van een geleidende verbindingsdraad met elkaar worden verbonden, gaat er een elektrische stroom lopen. Bij de reacties die daarbij optreden, ontstaat alleen in elektrode B water. De stroomgeleiding via de verbindingsdraad geschiedt door middel van transport van elektronen. In het membraan geschiedt de stroomgeleiding door verplaatsing van een ander soort deeltjes.

- 3 Leg uit in welke richting (van elektrode A naar elektrode B of omgekeerd) de elektronen zich bij stroomlevering door de verbindingsdraad bewegen.
- 4 Leg uit welk soort deeltjes zich bij stroomlevering door het membraan verplaatst en in welke richting (van elektrode A naar elektrode B of omgekeerd) die deeltjes zich door het membraan bewegen.

In een brandstofcel wordt chemische energie omgezet in elektrische energie.

- 5 Bereken hoeveel dm³ waterstof (298 K, p = p₀) minstens nodig is om de brandstofcel 2.16·10⁵ J elektrische energie te laten leveren.