

pH-Bodemtest

Een goede zuurgraad van de bodem is belangrijk voor de groei en bloei van tuinplanten. Te zure grond veroorzaakt in het algemeen matige plantengroei.

Om de zuurgraad van de bodem te bepalen is een pH-bodemtest in de handel. Hiermee is eenvoudig de zuurgraad van de bodem vast te stellen. De pH-bodemtest bevat een reageerbuisje, een flesje gedestilleerd water en een aantal testtabletjes. Deze testtabletjes bevatten bariumsulfaat en een mengsel van indicatoren. Een indicator is een stof waarvan de kleur in oplossing afhangt van de pH van de oplossing. Op de verpakking van de test staat het volgende.

Gebruiksaanwijzing

- 1 Vul het reageerbuisje met 1 cm grond.
- 2 Voeg hier 2 mL (2,5 cm) gedestilleerd water aan toe.
- 3 Voeg het tabletje toe, sluit het reageerbuisje af met de meegeleverde stop en schud tot het tabletje is opgelost.
- 4 Zet het reageerbuisje enkele minuten weg tot de grond bezonken is en de vloeistof een heldere kleur krijgt.
- 5 Vergelijk de ontstane kleur met de kleuren die op de verpakking staan en bepaal de pH-waarde van de grond.

Op de verpakking zijn vier reageerbuisjes afgebeeld met de volgende kleuren en gegevens:

geel:	pH = 4	sterk zuur
groen:	pH = 5	zuur
groen-blauw:	pH = 6	licht zuur
blauw:	pH = 7	neutraal

Voor een goede plantengroei ligt de ideale pH-waarde tussen 5,5 en 7,0.

In de gebruiksaanwijzing staat dat je het reageerbuisje moet schudden tot het tabletje is opgelost. Uit de tekst boven de gebruiksaanwijzing is af te leiden dat dit niet mogelijk is.

- 2p 1 Leg uit waarom het tabletje niet volledig kan oplossen.

Met de test wordt de pH van tuingrond bepaald op 5,5.

- 2p 2 Bereken de $[H^+]$ in mol L⁻¹ in een oplossing met pH = 5,5.

Bij de beschreven bodemtest wordt de pH bepaald door gedestilleerd water aan grond toe te voegen. Hierdoor komen sommige H^+ ionen vrij in het water, maar H^+ ionen die gebonden zijn aan de klei- en humusdeeltjes niet. De op deze manier verkregen pH wordt 'pH-water' genoemd.

Bij een ander type bodemtest wordt in plaats van gedestilleerd water een oplossing van kaliumchloride aan de grond toegevoegd. Hierdoor komen de H^+ ionen die aan klei- en humusdeeltjes zitten ook vrij. Op deze manier wordt de 'pH-kaliumchloride' bepaald.

Fleur neemt een bodemmonster uit de tuin van haar ouders. Van deze grond bepaalt ze 'pH-water' en 'pH-kaliumchloride'. Voor 'pH-water' vindt Fleur de waarde 5,5. Voor 'pH-kaliumchloride' vindt Fleur een andere waarde.

- 2p 3 Leg uit of de waarde die Fleur voor 'pH-kaliumchloride' vindt hoger of lager is dan 5,5.

In de bijsluiters bij de test is te lezen hoeveel van een bepaalde kalkmeststof aan grond met een bepaalde pH moet worden toegevoegd. Voor grond met pH 5,5 is dat 4 kg per 10 m^2 . De kalkmeststof bevat 75 massaprocent calciumcarbonaat. Het oppervlak van de tuin is 56 m^2 .

- 3p 4 Geef de vergelijking van de reactie waarbij calciumcarbonaat reageert met de maximale hoeveelheid H^+ .
- 4p 5 Bereken het maximale aantal mol H^+ dat kan reageren met de hoeveelheid kalkmeststof die moet worden toegevoegd aan de tuin. Bij deze berekening hoef je niet te letten op de significantie.

Biodiesel en biomethanol

Biodiesel kan in plaats van diesel die uit aardolie wordt geproduceerd, als autobrandstof worden gebruikt. De biodiesel bestaat uit vetzuren die zijn veresterd met methanol.

- 3p 6 Geef de reactievergelijking voor de volledige verbranding van biodiesel. Gebruik $C_{19}H_{36}O_2$ als (gemiddelde) molecuulformule voor biodiesel.

In een bepaalde soort biodiesel komt de ester van oliezuur ($C_{17}H_{33}COOH$) en methanol voor.

- 2p 7 Geef de structuurformule van deze ester. Geef het koolwaterstofgedeelte op dezelfde wijze weer als hierboven in de formule van oliezuur.

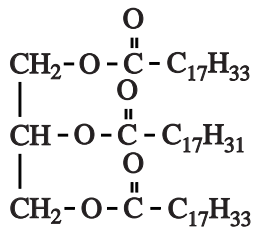
Biodiesel wordt geproduceerd door plantaardige of dierlijke vetten en oliën te laten reageren met methanol. Daarbij ontstaat glycerol als bijproduct.

Deze productie van biodiesel kan als volgt in woorden worden weergegeven:



De viscositeit (stroperigheid) en de temperatuur waarbij in biodiesel vaste bestanddelen ontstaan, hangen samen met het gehalte aan C = C bindingen.

De olie die uit koolzaad wordt gewonnen, wordt veel gebruikt als grondstof voor biodiesel. Koolzaadolie bevat onder andere moleculen met de volgende structuurformule.



- 2p 8 Hoeveel C = C bindingen komen voor in dit molecuul? Licht je antwoord toe.

Hoe groter het gehalte aan C = C bindingen is, des te minder stroperig is biodiesel en des te lager is de temperatuur waarbij vaste bestanddelen ontstaan. Dit hangt samen met de soort binding tussen de moleculen in biodiesel.

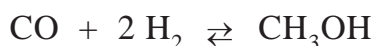
- 1p 9 Geef de naam van deze soort binding.

In 2009 is in Delfzijl een fabriek gestart waarin glycerol wordt omgezet tot methanol. De omzetting van glycerol tot methanol vindt plaats in twee reactoren. De glycerol die na zuivering is verkregen bij de productie van biodiesel, wordt onder hoge druk en bij hoge temperatuur door reactie met stoom omgezet tot een mengsel van koolstofdioxide, koolstofmono-oxide en waterstof. Na afscheiding van het koolstofdioxide wordt het mengsel van koolstofmono-oxide en waterstof in een tweede reactor omgezet tot methanol. Deze methanol wordt vanwege zijn herkomst aangeduid als biomethanol.

De molverhouding waarin koolstofmono-oxide en waterstof in de eerste reactor ontstaan, hangt af van de molverhouding waarin glycerol ($C_3H_8O_3$) en stoom (H_2O) reageren.

- 3p **10** Geef de vergelijking van de reactie in de eerste reactor wanneer glycerol met stoom reageert in de molverhouding 2 : 1.
- 2p **11** Beredeneer dat per mol koolstofmono-oxide meer waterstof ontstaat, wanneer glycerol met meer stoom reageert.

In de tweede reactor stelt zich bij hoge temperatuur en hoge druk onder invloed van een katalysator het volgende evenwicht in:



Hoewel het evenwichtsmengsel bij lagere temperatuur rijker is aan methanol dan bij hogere temperatuur, wordt de reactor toch op een hogere temperatuur gehouden.

- 2p **12** Leg uit waarom de reactor toch op een hogere temperatuur wordt gehouden.

In plaats van methanol die uit aardgas wordt geproduceerd, kan biomethanol worden gebruikt voor de productie van biodiesel. De productie van biodiesel wordt duurzamer door het gebruik van biomethanol.

Een biodieselfabriek en een biomethanolfabriek gaan als volgt te werk:

- De biodieselfabriek levert alle glycerol die ontstaat bij de productie van biodiesel aan de biomethanolfabriek.
- De biomethanolfabriek produceert uit deze glycerol biomethanol en levert dit aan de biodieselfabriek.
- Deze biomethanol wordt gebruikt voor de productie van biodiesel.

De biomethanolfabriek produceert per jaar $200 \cdot 10^3$ ton biomethanol uit de glycerol die de biodieselfabriek levert.

De $200 \cdot 10^3$ ton biomethanol is minder dan de hoeveelheid methanol die de biodieselfabriek nodig heeft voor de biodieselp productie. De biodieselfabriek gebruikt dus ook methanol die uit aardgas is geproduceerd.

- 3p **13** Bereken hoeveel ton methanol die uit aardgas is geproduceerd, de biodieselfabriek per jaar gebruikt.

Ga bij de berekening uit van de volgende gegevens:

- reactie 1;
- uit 10 ton vet wordt 10 ton biodiesel en 1,0 ton glycerol geproduceerd;
- uit 1,3 ton glycerol wordt 1,0 ton biomethanol geproduceerd.

Turbokiller

Lees het volgende tekstfragment en beantwoord vervolgens de vragen.

tekstfragment 1

Zelfreinigend drinkwater

INNOVATIE De Turbokiller van Jan Tholen, een apparaat dat energie uit drinkwater haalt om dat te reinigen, is een kanshebber op de prijs voor de uitvinding van het jaar.

Met chloor kun je bacteriën in drinkwater doden en chloor kun je maken door middel van elektrolyse van keukenzout. Naast water en zout is nog een ingrediënt nodig: elektriciteit. Die kun je met behulp van stromend water maken. Zie hier de Turbokiller, een geheel zelfvoorzienende elektrolyse.

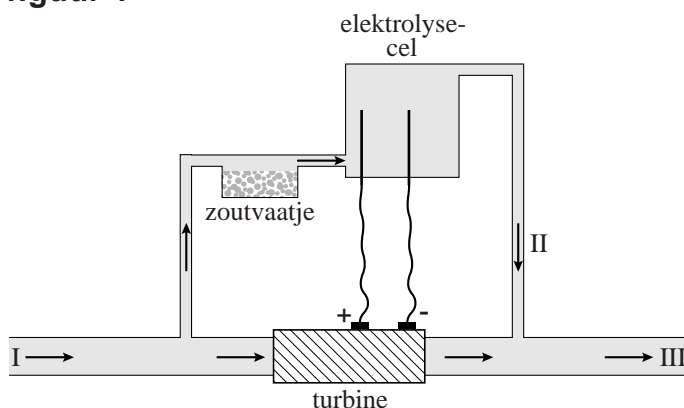
Een kleine turbine, ingebouwd in de waterleiding, gaat draaien zodra er water stroomt. De elektriciteit die de turbine produceert, is voldoende om de juiste hoeveelheid keukenzout (NaCl) om te zetten in chloor en natronloog.

Uitvinder Jan Tholen: „Eenduizendste van de waterstroom splitst zich af en stroomt door een zoutvatje en vervolgens naar de elektrolysecel. In de elektrolysecel ontstaat 0,4 gram Cl_2 per liter. Vanuit de elektrolysecel wordt het water weer in de hoofdstroom geleid. Op deze manier wordt de chloorconcentratie in het drinkwater vergelijkbaar met de hoeveelheid die ook drinkwaterbedrijven in hun water stoppen als er bacteriën in zitten.” De Turbokiller is onder andere geschikt voor landen waar drinkwater een bedenkelijke kwaliteit heeft.

naar: Technisch Weekblad

De Turbokiller kan als volgt schematisch worden voorgesteld:

figuur 1



De vergelijking van de totale reactie die bij de elektrolyse van de keukenzoutoplossing optreedt, is:



- 2p 14 Geef de vergelijkingen van de twee halfreacties die bij de elektrolyse van de keukenzoutoplossing aan de elektroden optreden.
Noteer je antwoord als volgt:
eerste halfreactie: ...
tweede halfreactie: ...

Bij de elektrolyse van de keukenzoutoplossing ontstaat ook waterstof. Brenda en Barend lezen het artikel. Zij vinden het opvallend dat niets wordt opgemerkt over de waterstof omdat zij weten dat waterstof gevaar kan opleveren. Brenda vermoedt dat de hoeveelheid waterstof die uiteindelijk per liter in het drinkwater bij III (zie figuur 1) aanwezig is, zo klein is dat het geen gevaar oplevert.

- 2p 15 Bereken hoeveel mol H_2 per liter aanwezig is in het drinkwater bij III. Maak hierbij gebruik van:
- gegevens uit tekstfragment 1;
 - de vergelijking van reactie 1.

Uit Cl_2 dat in de elektrolysecel is ontstaan, worden hypochlorietionen (ClO^-) gevormd via de volgende reactie:



Ten gevolge van deze reactie is de pH van de oplossing die uit de elektrolysecel stroomt veel lager dan wanneer deze reactie niet zou optreden.

- 2p 16 Bereken wat de pH zou zijn van de oplossing die uit de elektrolysecel stroomt, indien alleen reactie 1 zou optreden.
Ga ervan uit dat:
- in de elektrolysecel 0,2 gram hydroxide-ionen per liter wordt gevormd;
 - $T = 298 \text{ K}$.

Barend vraagt zich af of alle chloride die vanuit het zout in de elektrolysecel terechtkomt, bij de elektrolyse wordt omgezet tot chloor. Hij bedenkt de volgende methode om antwoord te krijgen op zijn vraag: „Voeg een zilvernitraatoplossing toe aan het drinkwater dat uit de Turbokiller komt en kijk of er een troebeling ontstaat.”

- 2p 17 Geef de vergelijking van de reactie die optreedt wanneer een zilvernitraatoplossing wordt toegevoegd aan een oplossing die chloride-ionen bevat.

Eindexamen havo scheikunde 2013-I

havovwo.nl

Barend vraagt aan Brenda commentaar te geven op de methode die hij heeft bedacht. Zij zegt: „Ook als je een troebeling zou waarnemen, dan nog weet je niet zeker of deze troebeling een gevolg is van de aanwezigheid van chloride dat niet is omgezet bij de elektrolyse.”

- 2p **18** Leg uit waardoor de troebeling ook kan zijn ontstaan wanneer een zilvernitraatoplossing wordt toegevoegd aan het drinkwater dat uit de Turbokiller komt.

Sportdrink

Anna is een basketbalster die na de training vaak een flesje sportdrink drinkt. Ze bekijkt het etiket om te zien wat erin zit.

etiket

1 Ingrediënten: water, sacharose, fructose, maltodextrine, druivensuiker,
2 voedingszuur (citroenzuur), kaliumcitraat, aroma, natriumchloride,
3 antioxidant (L-ascorbinezuur), kleurstoffen (E102, E110, E133),
4 stabilisator (E414, E445), conserveermiddelen (E242, E202).

5 Gemiddelde voedingswaarde per 100 mL

6	Energie	130 kJ/31 kcal
7	Eiwitten	0 g
8	Koolhydraten	7 g
9	– waarvan suikers	5,4 g
10	Vet	0 g
11	– waarvan verzadigd	0 g
12	Voedingsvezel	0 g
13	Natrium	38 mg
14	Kalium	26 mg

15 Dé isotone sportdrink die dorst krachtig lest en mineralen snel weer
16 aanvult.

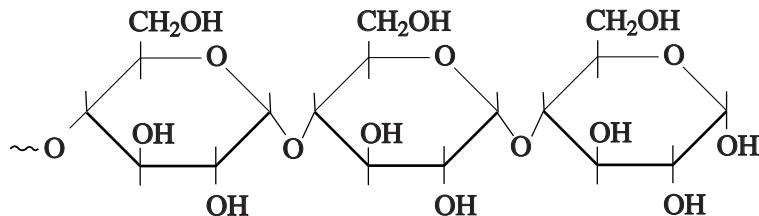
17 1 fles (500 mL) is voldoende om het vochtverlies door 30 minuten
18 intensief sporten aan te vullen.

De koolhydraten in de sportdrink zijn sacharose, fructose, maltodextrine en druivensuiker (regel 1). Sacharose, fructose en druivensuiker zijn suikers die goed oplossen in water. De structuurformules van deze suikers staan in Binas-tabel 67A.

- 2p 19 Verklaar aan de hand van de structuurformules waarom deze suikers goed oplossen in water.

Het koolhydraat maltodextrine wordt gemaakt door zetmeel uit bijvoorbeeld tarwe gedeeltelijk te hydrolyseren. Enzymen in de darmen zorgen voor verdere hydrolyse van maltodextrine. Een stukje van de structuurformule van het uiteinde van een molecuul maltodextrine is hieronder weergegeven:

figuur 1



Op de uitwerkbijlage is figuur 1 ook weergegeven.

- 3p **20** Geef op de uitwerkbijlage de reactievergelijking in structuurformules van de hydrolyse van het uiteinde van een molecuul maltodextrine waarbij onder andere twee glucosemoleculen ontstaan.

L-ascorbinezuur (vitamine C) dient als zogenoemd anti-oxidant. Zuurstof reageert met vitamine C en niet met de kleur- en smaakstoffen in de sportdrink. De vergelijking van de halfreactie van vitamine C is:



- 3p **21** Leid met behulp van de vergelijking van de halfreactie van zuurstof en bovenstaande vergelijking van de halfreactie van vitamine C de vergelijking af van de totale redoxreactie van zuurstof met vitamine C. De reactie vindt plaats in zuur milieu.

Met de aanduiding kalium (regel 14) kunnen verschillende soorten deeltjes worden bedoeld.

- 1p **22** Geef de formule van de kaliumdeeltjes die in de sportdrink voorkomen.

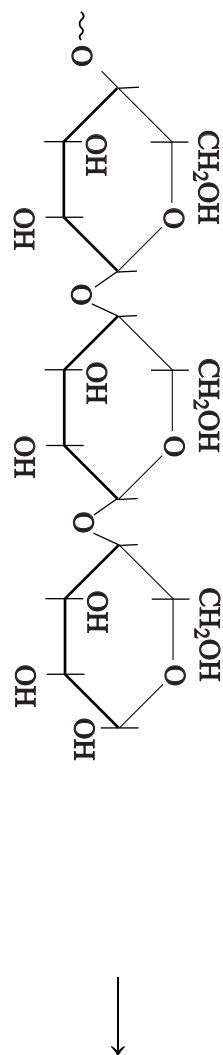
Anna zoekt informatie over het isotoon (regel 15) zijn van de sportdrink. Zij vindt dat een oplossing isotoon is wanneer de som van de concentraties (in mol L⁻¹) van alle opgeloste deeltjes (ionen én moleculen) even groot is als in bloed. De totale concentratie van de opgeloste deeltjes in een isotone oplossing bedraagt 0,29 mol L⁻¹. Anna bedenkt dat zij zelf eenvoudig een liter isotone sportdrink kan maken die bestaat uit water, keukenzout en suiker (C₁₂H₂₂O₁₁). Ze neemt daarvoor 4,0 gram keukenzout (NaCl) en een hoeveelheid suiker.

- 2p **23** Bereken het totale aantal mol ionen in 4,0 g NaCl.

- 1p **24** Bereken hoeveel gram suiker (C₁₂H₂₂O₁₁) Anna moet nemen om een liter isotone drank te maken waarin ook 4,0 g NaCl is opgelost.

uitwerkbijlage

20



Waterstofperoxide

Waterstofperoxide (H_2O_2) komt in de natuur in kleine concentraties voor. Zo bevat de lucht die wij uitademen bijvoorbeeld 0,30 tot 1,0 mg waterstofperoxide per m^3 .

- 2p 25 Bereken, in mol L^{-1} , de waterstofperoxide-concentratie in lucht die 0,30 mg waterstofperoxide per m^3 bevat.

Grote hoeveelheden waterstofperoxide worden vanwege de blekende werking gebruikt in de textielindustrie en bij de fabricage van papier. Om aan de vraag naar waterstofperoxide te voldoen, werd ongeveer honderd jaar geleden een productieproces ontwikkeld, dat in twee stappen verloopt.

Stap 1: 5 M zwavelzuur wordt geëlektrolyseerd, waarbij een geconcentreerde oplossing van perzwavelzuur ($\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$) ontstaat.

Bij deze elektrolyse worden aan één van de elektroden sulfaationen omgezet tot persulfaationen ($\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$) volgens:



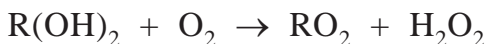
- 2p 26 Leg uit of deze halfreactie plaatsvindt aan de positieve of aan de negatieve elektrode.

Stap 2: Aan de geconcentreerde oplossing van perzwavelzuur wordt bij hoge temperatuur water toegevoegd. Er treedt dan een reactie op waarbij de persulfaationen ($\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$) worden omgezet tot sulfaationen, waterstofperoxide-moleculen en waterstofionen.

- 3p 27 Geef de reactievergelijking van stap 2.

Tegenwoordig wordt het meeste waterstofperoxide geproduceerd met een proces waarin de stoffen 2-ethylantraquinol en 2-ethylantraquinon een belangrijke rol spelen. Dit productieproces wordt hieronder beschreven. In deze beschrijving wordt 2-ethylantraquinol weergegeven als $R(OH)_2$ en 2-ethylantraquinon als RO_2 .

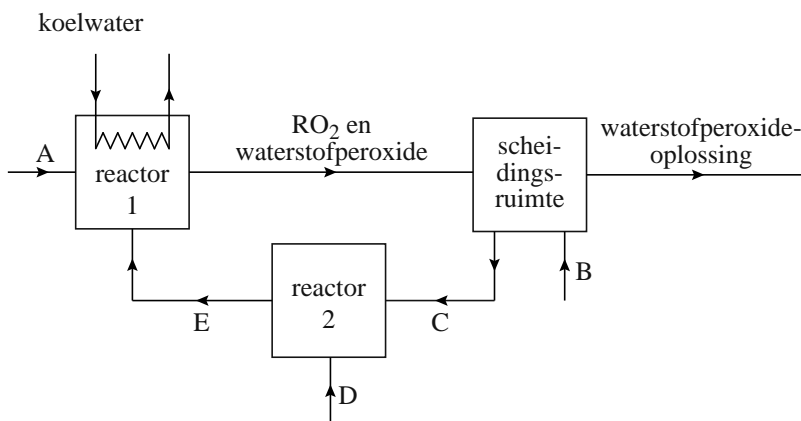
Men laat 2-ethylantraquinol in een geschikt oplosmiddel met zuurstof reageren. Daarbij ontstaan 2-ethylantraquinon en waterstofperoxide:



Het ontstane waterstofperoxide wordt in een scheidingsruimte door middel van extractie uit het oplosmiddel gehaald. Als extractiemiddel gebruikt men water. RO_2 blijft daarbij in het oplosmiddel. Het opgeloste RO_2 wordt langs een katalysator geleid, terwijl er waterstof wordt toegevoerd. Daardoor wordt het RO_2 weer omgezet tot $R(OH)_2$. Dit $R(OH)_2$ wordt opnieuw gebruikt.

Dit productieproces van waterstofperoxide is hieronder in een blokschema weergegeven. De namen van een aantal stoffen zijn in dit schema niet vermeld, maar weergegeven met de letters A, B, C, D en E.

blokschema



- 3p 28 Geef de namen of de formules van de stoffen die bij de letters A t/m E horen te staan. Het oplosmiddel waarin $R(OH)_2$ en RO_2 zijn opgelost, hoeft niet vermeld te worden. Noteer je antwoord als volgt:
 bij A: ...
 bij B: ...
 bij C: ...
 bij D: ...
 bij E: ...

De temperatuur in reactor 1 wordt tijdens het productieproces constant gehouden.

- 2p 29 Leid uit het blokschema af of de reactie die plaatsvindt in reactor 1 exotherm of endotherm is.

Eén van de risico's van (geconcentreerde) oplossingen van waterstofperoxide is de ontleding van waterstofperoxide. In een veiligheidsdocument voor de industrie staat dat deze ontleding kan resulteren in het vrijkomen van warmte, zuurstof en mogelijk stoom. Daarom is voorgeschreven dat de industrie een (geconcentreerde) waterstofperoxide-oplossing opslaat in een tank met veiligheidsventiel.

- 4p **30** Leg uit, aan de hand van de reactievergelijking voor de ontleding van waterstofperoxide, welke gevaarlijke situatie zou kunnen ontstaan wanneer een waterstofperoxide-oplossing in een dichte tank (zonder veiligheidsventiel) wordt opgeslagen.

Noteer je antwoord als volgt:

reactievergelijking: ...

uitleg: ...

Zeolieten

krantenartikel

Moleculaire zeven halen zwavel uit motorbrandstof

Aardolie bevat niet alleen een grote variëteit aan koolwaterstoffen, maar ook verbindingen waarin zwavelatomen zitten. Speciale moleculaire zeven kunnen zwavelverbindingen als thiofeen selectief verwijderen uit auto- en vliegtuigbrandstof. Als dit op grote schaal even goed werkt als in het

5 laboratorium van Ralph Yang en zijn collega's aan de universiteit van Michigan, zou een belangrijke oorzaak van luchtvervuiling en zure regen kunnen worden weggenomen. De methode van Ralph Yang en zijn collega's maakt gebruik van adsorptie, het verschijnsel dat moleculen in

10 een vloeistof of gas blijven plakken aan een vaste stof. Zo'n vaste stof moet wel zo selectief zijn dat hij alle koolwaterstoffen laat passeren en de zwavelverbindingen tegenhoudt. Tot nu toe was niemand daarin geslaagd. Yang en zijn collega's ontwikkelden echter een serie zogenoemde zeolieten die wel aan alle selectiviteitseisen voldoen.

15 De chemici voegden verschillende zeolieten in de vorm van kleine korreltjes toe aan benzine en dieselolie. Eén gram zeoliet bleek in staat het zwavelgehalte in 34 milliliter van een commercieel verkrijgbare dieselolie terug te brengen van 430 tot 0,2 ppm (parts per million, een deel zwavel op een miljoen delen dieselolie).

naar: NRC Handelsblad

In aardolie komen veel verschillende koolwaterstoffen (regel 1) voor.

- 2p 31 Geef de structuurformules van twee koolwaterstoffen.
- 3p 32 Geef de vergelijking van de volledige verbranding van thiofeen (C_4H_4S). Hierbij ontstaat zwaveldioxide als enige zwavelbevattende stof.
- 2p 33 Leg uit, aan de hand van de scheidingsmethode die in regel 8 van het krantenartikel wordt genoemd, waarom men de zeolieten in kleine korreltjes (regels 14 en 15) gebruikt.

De tank van een bepaalde auto bevat 80 L dieselolie.

- 2p 34 Bereken het aantal gram zeoliet dat minstens nodig is om van 80 L dieselolie het zwavelgehalte terug te brengen van 430 tot 0,2 ppm.