

Voor dit examen zijn maximaal 83 punten te behalen; het examen bestaat uit 36 vragen. Voor elk vraagnummer is aangegeven hoeveel punten met een goed antwoord behaald kunnen worden.

Als bij een vraag een verklaring, uitleg, berekening of afleiding gevraagd wordt, worden aan het antwoord meestal geen punten toegekend als deze verklaring, uitleg, berekening of afleiding ontbreekt.

Geef niet meer antwoorden (redenen, voorbeelden e.d.) dan er worden gevraagd. Als er bijvoorbeeld twee redenen worden gevraagd en je geeft meer dan twee redenen, dan worden alleen de eerste twee in de beoordeling meegeteld.

Nieuw element

Onderzoekers in Rusland en Duitsland hebben zich beziggehouden met het vervaardigen van nieuwe elementen. Ze maakten hierbij gebruik van de techniek die is beschreven in onderstaand tekstfragment.

tekstfragment 1

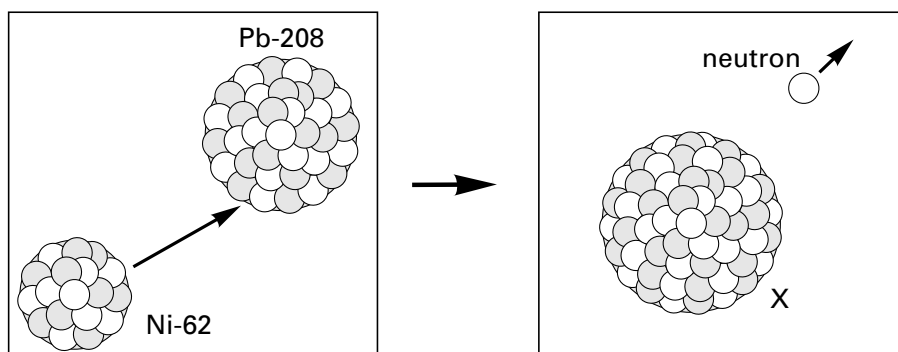
Een doelwit van lood wordt gebombardeerd met atomen van bijvoorbeeld nikkel, ijzer en titaan. Deze atomen zijn eerst ontdaan van een aantal elektronen. Ze hebben daardoor elektrische lading waardoor zorgvuldig afgestelde elektrische velden voor een versnelling kunnen zorgen. Bij een bepaalde snelheid kan een botsing een heel enkele keer leiden tot kernfusie. Hierbij smelten de kernen samen tot de kern van een nieuw element. Bij zo'n succesvolle botsing wordt tegelijkertijd een neutron uitgezonden.

naar: *Natuur en Techniek*

- 2p **1** Zijn de nikkeldeeltjes die gebruikt worden voor het bombarderen van het lood negatief of positief geladen? Verklaar je antwoord. Gebruik in je antwoord een gegeven uit bovenstaand tekstfragment.

Bij het samensmelten van de kern van een loodatoom met massagetal 208 (Pb-208) en de kern van een nikkelatoom met massagetal 62 (Ni-62) wordt onder andere een nieuwe kern gevormd van een atoom X. Dit proces is weergegeven in figuur 1:

figuur 1



- 3p **2** Wat is het aantal protonen, het aantal neutronen en het atoomnummer van een atoom X? Noteer je antwoord als volgt:
aantal protonen: ...
aantal neutronen: ...
atoomnummer: ...

Ontzwaveling

De allereerste bewerking die ruwe aardolie in een raffinaderij ondergaat, is destillatie. Hierbij wordt de ruwe olie gescheiden in fracties. De fracties die bestaan uit stoffen met lage kookpunten worden gebruikt als brandstof of als grondstof voor de chemische industrie.

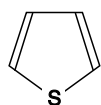
Een deel van de hoogkokende fracties wordt gekraakt, waardoor stoffen met lagere kookpunten verkregen worden.

Een stof die zich in zo'n hoogkokende fractie kan bevinden, is eicsaan. Eicsaan is een onvertakt alkaan, waarvan de moleculen 20 koolstofatomen bevatten. Door kraken kunnen eicsaanmoleculen worden omgezet in kleinere moleculen. Bij het kraken kan één eicsaanmolecuul zich splitsen in drie kleinere koolwaterstofmoleculen.

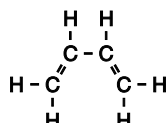
- 3p **3** Geef de vergelijking van een reactie waarbij één eicsaanmolecuul zich splitst in drie kleinere koolwaterstofmoleculen. Geef de koolwaterstoffen hierbij weer met molecuulformules.

Aardolieproducten die gebruikt worden als brandstof dienen uit milieuoverwegingen te worden ontzwaveld. Dit ontzwavelen kan gebeuren door een reactie met waterstof. Bij deze reactie ontstaat het gas waterstofsulfide (H_2S).

Een voorbeeld van een zwavelverbinding is thiofeen. Als thiofeen met waterstof reageert, ontstaan waterstofsulfide en stof Y. Van thiofeen is hieronder een vereenvoudigde structuurformule weergegeven. De symbolen C en H en de bindingen tussen C en H zijn hierin weggelaten. Van stof Y is een meer gebruikelijke structuurformule gegeven.



thiofeen



stof Y

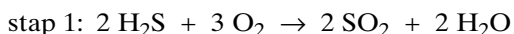
- 3p **4** Geef de vergelijking van de reactie van thiofeen met waterstof. Geef de stoffen hierbij weer met molecuulformules.

- 3p **5** Geef de systematische naam van stof Y.

Door het ontzwavelen bevatten de afvalgassen van een raffinaderij H_2S . Dit is een stinkend en giftig gas en moet dus worden verwijderd. Een geschikte methode hiervoor is het zogenoemde Claus-proces. Deze methode is alleen geschikt voor gasstromen die meer dan 20 volumeprocent H_2S bevatten. In afvalgassen van raffinaderijen is het gehalte H_2S lager dan 20 volumeprocent. De concentratie van H_2S moet dus worden verhoogd. Hiertoe leidt men de H_2S -houdende gasstroom door een organisch oplosmiddel. H_2S lost hierin uitstekend op, de rest van de gassen niet.

- 1p **6** Geef de naam van de scheidingsmethode die hier wordt toegepast.

Daarna wordt stoom door de oplossing geblazen, waarbij een gasmengsel ontstaat dat meer dan 20 volumeprocent H_2S bevat. Dit gasmengsel is geschikt voor het Claus-proces. Dit proces bestaat uit twee stappen. Bij de eerste stap wordt een deel van het H_2S verbrand:



Het ontstane SO_2 reageert daarna met de rest van het H_2S :



In stap 1 reageert een deel van het H_2S met zuurstof.

De hoeveelheid zuurstof die in stap 1 wordt toegevoegd, wordt zo gekozen dat precies die hoeveelheid SO_2 ontstaat die nodig is om in stap 2 met de rest van het H_2S te reageren. Op deze wijze blijft er na stap 2 geen H_2S en geen SO_2 over.

- 3p **7** Hoeveel mol O_2 is nodig om 1,0 mol H_2S volledig om te zetten in S en H_2O ? Geef een verklaring voor je antwoord.

Evenwicht

Wanneer een ijzer(III)nitraatoplossing wordt toegevoegd aan een oplossing van kaliumthiocyanaat (KSCN) stelt zich het volgende evenwicht in:



De FeSCN^{2+} ionen geven aan de oplossing een rode kleur.

Bas wil de evenwichtsconstante van dit evenwicht bepalen. De evenwichtsconstante kan berekend worden met behulp van de evenwichtsvoorwaarde:

$$\frac{[\text{FeSCN}^{2+}]}{[\text{Fe}^{3+}][\text{SCN}^-]} = K$$

Bas lost 0,200 mmol ijzer(III)nitraat en 0,200 mmol kaliumthiocyanaat op in 20,0 mL water. Na het instellen van het evenwicht blijkt 0,146 mmol FeSCN^{2+} gevormd te zijn.

- 3p **8** Bereken $[\text{Fe}^{3+}]$ in het evenwichtsmengsel. Neem hierbij aan dat het volume van de oplossing 20,0 mL is. Geef je antwoord in het juiste aantal significante cijfers.
- 2p **9** Bereken de evenwichtsconstante K van dit evenwicht.

Wanneer aan de rode oplossing overmaat ijzerpoeder wordt toegevoegd, treedt een redoxreactie op waarbij alleen ijzerpoeder (Fe) met Fe^{3+} reageert.

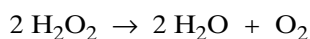
- 3p **10** Geef de vergelijkingen van de beide halfreacties en de vergelijking van de totale redoxreactie van Fe met Fe^{3+} .

Na goed schudden verdwijnt de rode kleur.

- 2p **11** Leg aan de hand van evenwicht 1 uit dat door het toevoegen van overmaat ijzerpoeder de rode kleur verdwijnt.

Waterstofperoxide

De concentratie van waterstofperoxide (H_2O_2) in een oplossing van waterstofperoxide wordt langzaam lager. Dit wordt veroorzaakt door het optreden van de volgende ontledingsreactie:

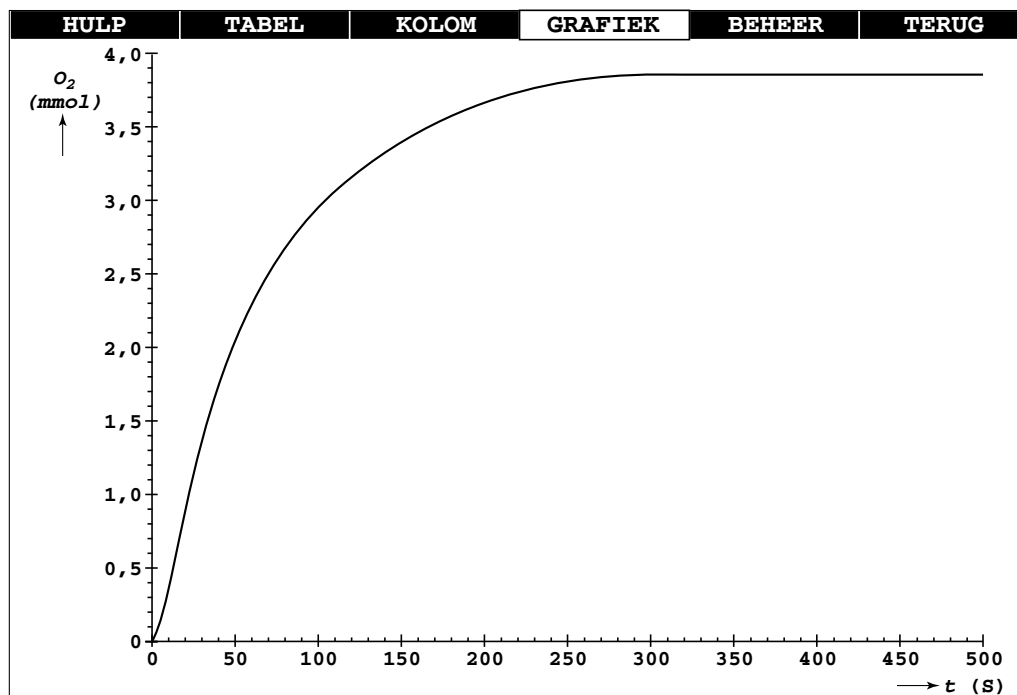


Deze ontledingsreactie kan worden opgevat als een redoxreactie, waarbij sommige waterstofperoxidemoleculen reageren als reductor en andere waterstofperoxidemoleculen als oxidator.

- 2p **12** Geef de vergelijkingen van de beide halfreacties van de ontleding van waterstofperoxide in neutraal milieu.

Joske krijgt de opdracht om de ontleding van waterstofperoxide te onderzoeken. Zij doet een hoeveelheid van een waterstofperoxide-oplossing in een erlenmeyer die verbonden is met een gasmeetspuit. Vervolgens voegt ze een katalysator toe om de ontleding te versnellen. Met behulp van een computerprogramma wordt op het beeldscherm weergegeven hoeveel mmol zuurstof tijdens de ontleding is gevormd. Na afloop van de ontleding heeft Joske op het beeldscherm een diagram dat het verband aangeeft tussen de tijd (horizontaal) en de hoeveelheid zuurstof die ontstaan is (verticaal).

diagram



- 1p **13** Geef aan hoe uit het diagram blijkt dat de reactiesnelheid tussen $t = 50$ s en $t = 100$ s groter is dan tussen $t = 100$ s en $t = 150$ s.

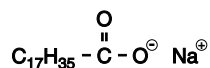
In het diagram is af te lezen dat na een bepaald tijdstip de hoeveelheid zuurstof niet meer toeneemt. Op dit tijdstip is alle waterstofperoxide ontleed.

- 3p **14** Bereken het aantal gram waterstofperoxide dat in de onderzochte oplossing aanwezig was.

Zeep

Vetvlekken in textiel kunnen niet verwijderd worden door het textiel te spoelen met water.

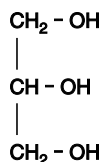
Vetvlekken kunnen wel met behulp van zeep verwijderd worden. Natriumstearaat is een stof die gebruikt wordt als zeep. De formule van natriumstearaat is:



- 2p **15** Geef aan de hand van de eigenschappen van vet en water aan waardoor vet niet oplost in water.

- 3p **16** Leg uit, aan de hand van de bouw van het $\text{C}_{17}\text{H}_{35} - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{O}^{\ominus}$ ion, dat je met een oplossing van natriumstearaat vet uit textiel kunt verwijderen.

Dierlijke vetten zijn grondstoffen voor de bereiding van natuurlijke zeep. Door een vet met natronloog te laten reageren, ontstaat een oplossing van zeep en een stof A, waarvan hieronder de structuurformule is weergegeven.



stof A

3p **17** Geef de systematische naam van stof A.

Grondstoffen zijn te verdelen in de volgende twee categorieën:

- hernieuwbare grondstoffen; deze raken niet op omdat de voorraad steeds wordt aangevuld;
- niet-hernieuwbare grondstoffen; hiervoor geldt „op is op”.

2p **18** Tot welke van de twee genoemde categorieën behoren vetten als grondstof voor zeep? Geef een verklaring voor je antwoord.

Hard water

Hard water bevat opgeloste calcium- en magnesiumzouten. Naast de ionsoorten Ca^{2+} en Mg^{2+} bevat hard water als negatieve ionsoort hoofdzakelijk HCO_3^- .

1p **19** Geef de naam van de ionsoort HCO_3^- .

Eén van de hinderlijke gevolgen van de aanwezigheid van bovengenoemde ionsoorten is dat ze bij verhitting van het water met elkaar kunnen reageren onder vorming van CaCO_3 en MgCO_3 . Deze vaste stoffen vormen een hechte aanslag (kalkaanslag) op de wanden van fluitketels en van verwarmingsapparaten, op douchekoppen en kranen. Deze aanslag is te verwijderen met een zure oplossing. Bij de reactie van CaCO_3 met een zure oplossing verdwijnt de vaste stof en ontstaat onder andere een gas.

3p **20** Geef de vergelijking van de reactie van CaCO_3 met een zure oplossing, waarbij onder andere een gas ontstaat.

Dirk wil de kalkaanslag in een fluitketel verwijderen met behulp van een oplossing van azijnzuur. Volgens Eva is de kalkaanslag veel eerder verdwenen als je zoutzuur gebruikt van dezelfde molariteit als de oplossing van azijnzuur.

2p **21** Leg uit dat een bepaalde hoeveelheid kalkaanslag sneller verdwenen is met zoutzuur dan met een azijnzuuroplossing van dezelfde molariteit.

Het gebruik van zure oplossingen zoals zoutzuur en azijn wordt afgeraden bij het verwijderen van kalkaanslag op aluminium oppervlakken, bijvoorbeeld aan de binnenkant van een aluminium fluitketel. Je loopt dan namelijk kans dat ook het aluminium met de zure oplossing gaat reageren. De reactie van aluminium met een zure oplossing is een redoxreactie.

2p **22** Geef de formule van de oxidator en de formule van de reductor bij de reactie van aluminium met zoutzuur.

Noteer je antwoord als volgt:

oxidator: ...

reductor: ...

Een ander nadeel van hard water is dat het met zeep kan reageren. Hierbij slaan de zeepdeeltjes met de Ca^{2+} en/of Mg^{2+} ionen neer. Deze zeepdeeltjes kunnen daardoor niet aan het wasproces deelnemen. Daarom worden wasmiddelen meestal gemengd met onthardingsmiddelen. Deze onthardingsmiddelen reageren dan eerst met de Ca^{2+} en Mg^{2+} ionen, zodat alle zeep voor het wasproces beschikbaar blijft.

Sinds enige jaren is een zogenoemde „Antikalk Magneet” in de handel waarvan men beweert dat die er voor zorgt dat de ongemakken van het gebruik van hard water worden voorkomen. Zo'n magneet wordt om de waterleidingbuis aangebracht.

De ouders van Dirk hebben zo'n magneet gemonteerd, en Dirk vraagt zich af of ze nu thuis wasmiddel zonder onthardingsmiddel kunnen gaan gebruiken. Hij wil een reageerbuisproefje uitvoeren om dat te onderzoeken. Hij kan over de volgende vier oplossingen beschikken:

- een oplossing van een wasmiddel zonder onthardingsmiddel
- een oplossing van een wasmiddel met onthardingsmiddel
- hard water (leidingwater)
- leidingwater dat langs de Antikalk Magneet is gestroomd.

Dirk kiest voor dit onderzoek twee van deze oplossingen en voegt deze bij elkaar in een reageerbuis.

- 3p **23** Geef aan welke twee oplossingen hij moet gebruiken en waar hij op moet letten.

In een folder die de Antikalk Magneet aanprijst, staat onder het kopje „Hoe vormt de kalklaag zich?” het volgende (de zinnen zijn in dit stukje genummerd):

tekstfragment 2

Hoe vormt de kalklaag zich?

(1) De verhardingszouten calcium en magnesium die bij het verwarmen van water vrijkomen, binden zich met elkaar waardoor ze kalkaanslag vormen. (2) Deze aanslag vormt een hechte laag op leidingwanden, boilerwand, bodem van de ketel, verwarmingselement etc. (3) Logisch dat het energieverbruik toeneemt. (4) Evenals de kans op storingen. (5) Een verkalkte geiser of verwarmingselement geeft z'n warmte niet snel genoeg aan het water af omdat de kalklaag ertussen zit. (6) De doorstroombuisjes in de combiketel slibben dicht door kalk. (7) Het te verwarmen water bereikt daardoor niet de gewenste temperatuur. (8) Terwijl het energieverbruik aanzienlijk stijgt, daalt de effectiviteit en neemt de storingskans toe.

In dit fragment staan onjuistheden. Ook staan er zinnen in die niet thuishoren onder het kopje „Hoe vormt de kalklaag zich?”

- 2p **24** Geef de nummers van de zinnen die niet thuishoren in een stukje tekst getiteld „Hoe vormt de kalklaag zich?”
- 1p **25** Geef een passend kopje voor het deel van de tekst dat niet thuishoort onder het kopje „Hoe vormt de kalklaag zich?”

In zin 1 staan enkele onjuistheden.

- 2p **26** Schrijf een zin die zin 1 in het tekstfragment kan vervangen en waar geen onjuistheden meer in voorkomen. Maak hierbij gebruik van gegevens die in de tekst van deze opgave zijn vermeld.

Scheutje kunstmest maakt diesel schoner

Dieselmotoren stoten veel verzurende stoffen uit doordat ze het zonder katalysator moeten stellen. In Delft is een techniek ontwikkeld om in dit manco te voorzien. Vrachtauto's moeten dan wel met een kunstmesttank worden uitgerust.

- 1 De NO_x -uitstoot door het verkeer daalt gestaag
2 sinds de invoering van de katalysator voor
3 benzinemotoren. Daarmee worden koolstof-
4 mono-oxide, stikstofoxiden en onverbrande
5 koolwaterstoffen effectief te grazen genomen.
6 In chemische termen: een deel van het
7 koolstofmono-oxide en de onverbrande
8 koolwaterstoffen worden verbrand tot
9 koolstofdioxidegas en water, de rest reageert
10 met NO_x onder andere tot onschuldig
11 stikstofgas.
12 Katalysatoren voor benzinemotoren kunnen
13 niet gebruikt worden om NO_x uit de uit-
14 laatgassen van dieselmotoren te halen,
15 doordat de dieselmotor met een grote
16 overmaat aan lucht werkt. De stikstofoxiden
17 komen daardoor niet aan bod en worden
18 ongemoeid gelaten.
19 De uit Japan afkomstige promovendus E. Ito
20 ontwikkelde aan de Technische Universiteit
21 Delft een nieuwe katalysator die de
22 stikstofoxiden uit de uitlaatgassen van diesel-
23 motoren in contact weet te brengen met
24 ammoniak. Het resultaat is dat de schadelijke
25 stikstofoxiden als onschuldig stikstofgas
26 ontwijken naar de atmosfeer.
27 Daarnaast zorgt de nieuwe katalysator ook
28 voor de verbranding van het koolstofmono-
29 oxide en de onverbrande koolwaterstoffen.
30 Elke vrachtwagen uitrusten met een
31 ammoniaktank is echter een gevaarlijke
32 aangelegenheid.
33 Het goedje is namelijk behoorlijk reactief.
34 De Delftse onderzoekers denken dat de
35 oplossing ligt in ureum, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, dat veel als
36 kunstmest wordt gebruikt. In aanwezigheid
37 van water en bij een hoge temperatuur
38 ontleedt ureum meteen in ammoniak en
39 koolstofdioxidegas. Door een waterige
40 ureumoplossing in te spuiten in de hete
41 uitlaatgassen, wordt continu ammoniak
42 gemaakt, waarmee de stikstofoxiden kunnen
43 worden aangepakt. De reactie van
44 stikstofoxiden met ammoniak geschiedt in
45 een speciale katalysator waarop het metaal
46 cerium is aangebracht. Ito bleek geluk te
47 hebben, want de katalysator blijkt ook in staat
48 een eventueel overschot aan ammoniak af te
49 breken tot stikstofgas.

naar: de Volkskrant

In regel 3 tot en met 5 van dit tekstfragment wordt een aantal stoffen genoemd. Enige van deze stoffen werken verzurend.

- 1p **27** Geef de naam van een zuur dat uit een van deze verzurende stoffen kan ontstaan.

In regel 6 tot en met 11 worden de reacties beschreven die optreden in de katalysator voor benzinemotoren.

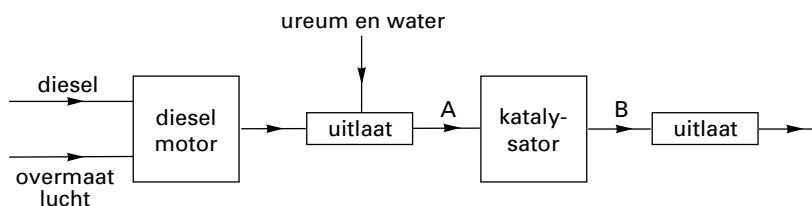
- 3p **28** Geef de vergelijking van de beschreven reactie van koolstofmono-oxide met stikstofdioxide (NO_2).

Bij dieselmotoren reageren koolstofmono-oxide en de onverbrande koolwaterstoffen niet met stikstofoxiden, maar met een andere stof (regel 12 tot en met 18).

- 1p **29** Geef de naam van de stof waarmee koolstofmono-oxide en de onverbrande koolwaterstoffen, bij gebruik van een dergelijke katalysator bij dieselmotoren, zouden reageren.

Het door de Delftse onderzoekers ontwikkelde proces kan schematisch als volgt worden weergegeven:

blokschema



In dit blokschema ontbreken de namen van een aantal stoffen die wel in het artikel worden genoemd. Een aantal van deze stoffen moet in het blokschema bij A en B vermeld worden.

- 4p **30** Neem de onderstaande tabel over en geef bij de genoemde stoffen met *ja* of *nee* aan of de stof bij A en of de stof bij B in het blokschema vermeld moet worden. *Als voorbeeld is dit voor koolstofmono-oxide en voor stikstof al ingevuld.*

	bij A	bij B
<i>koolstofmono-oxide:</i>	<i>ja</i>	<i>nee</i>
<i>stikstof</i>	<i>ja</i>	<i>ja</i>
ammoniak
koolstofdioxide
stikstofoxiden
ureum

In kranten en tijdschriften worden de namen van chemische processen nogal eens op een onjuiste manier gebruikt. In regel 36 tot en met 39 staat dat ureum ontleedt. Dit is onjuist, deze reactie is geen ontledingsreactie.

- 3p **31** Geef de vergelijking van de in regel 36 tot en met 39 beschreven reactie.
 1p **32** Geef aan waarom deze reactie geen ontledingsreactie genoemd mag worden.

Let op: de laatste vragen van dit examen staan op de volgende pagina.

Zure regen

Met 1 miljard ton verstookte steenkool per jaar is China de belangrijkste producent van koolstofdioxide en zwaveldioxide ter wereld.

De zure regen die het resultaat is van de verbranding van zwavelhoudende steenkool, bevat opgelost zwavelzuur. Dit opgeloste zwavelzuur ontstaat in de lucht in twee stappen uit zwaveldioxide. Eerst wordt het zwaveldioxide omgezet tot zwaveltrioxide. Dit zwaveltrioxide reageert vervolgens met (regen)water tot een oplossing van zwavelzuur.

- 4p **33** Geef de hierboven beschreven vorming van een oplossing van zwavelzuur uit zwaveldioxide in twee reactievergelijkingen weer.

Regenwater is van nature al enigszins zuur doordat één van de gassen die in schone lucht voorkomen met water een zure oplossing vormt.

- 1p **34** Geef de formule van dit gas.

Natuurlijk regenwater heeft $\text{pH} = 5,6$. Zure regen is regen met pH lager dan 5,6. In sterk verontreinigde gebieden in China is het geen zeldzaamheid dat er regen valt die 50 keer zo zuur is als natuurlijk regenwater.

- 3p **35** Bereken de pH van regenwater dat 50 keer zo zuur is als natuurlijk regenwater.

tekstfragment 4

Nederlandse hulp bij bestrijding van enorme steenkoolbranden in China

Een Nederlands bedrijf gaat China helpen bij de bestrijding van de enorme steenkoolbranden die daar telkens opnieuw de kop opsteken. De branden leiden niet alleen tot grote economische verliezen, maar versterken ook het broeikas-effect. Deze branden zorgen voor 2 tot 3 procent van de koolstofdioxide-uitstoot die over de hele wereld plaatsvindt. Dat is twee keer de totale Nederlandse uitstoot van koolstofdioxide.

De branden ontstaan vanzelf en zijn vaak ondergronds. De Chinezen bestrijden de branden door de brandende steenkollagen te bedekken met zand of klei of met water te injecteren, of door de brandende steenkool weg te halen met graafmachines. De Nederlanders helpen de Chinezen door de ondergrondse branden tijdig op te sporen met behulp van infrarood-opnamen.

naar: NRC Handelsblad

In Nederland zijn al een aantal maatregelen genomen om het broeikas-effect te beperken. Sommige mensen vinden hulp aan China bij het bestrijden van steenkoolbranden nuttiger dan nog meer maatregelen in Nederland.

- 2p **36** Geef aan de hand van bovenstaande tekst een argument voor deze opvatting.

Einde