

Voor dit examen zijn maximaal 82 punten te behalen; het examen bestaat uit 39 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.

Superzwaar

In 1999 meldden onderzoekers uit Berkeley de ontdekking van de elementen 116 en 118. Hieronder is een tekst uit een krant over dit onderwerp opgenomen.

tekst 1

Superzware elementen 116 en 118 gemaakt in Berkeley

In het Californische Lawrence Livermore National Laboratory in Berkeley zijn de superzware elementen 116 en 118 ontdekt. Ze werden gemaakt door een plaat lood (Pb-208) te beschieten met een bundel kryptonkernen (Kr-86). Het resultaat was dat na fusie van beide middelzware kernen en het wegvliegen van een neutron, element 118 ontstond. Binnen een milliseconde viel het uiteen in element 116 en een alfa-deeltje (een alfa-deeltje bestaat uit twee protonen en twee neutronen).

naar: NRC Handelsblad

- 2p **1** Bereken het aantal neutronen in de kern van een atoom Kr-86.

Met de gegevens uit tekst 1 is het mogelijk het massagetal van de ontstane kern van een atoom van element 118 te berekenen.

- 2p **2** Bereken het massagetal van de ontstane kern van een atoom van element 118.

- 1p **3** Welke lading heeft een alfa-deeltje?

Element 118 staat nog niet in het Periodiek Systeem van Binas-tabel 104. Toch is het mogelijk dit element in deze tabel in te passen.

- 1p **4** Geef het nummer van de groep in het Periodiek Systeem waartoe element 118 behoort.

In 2001 verscheen in het blad *Physical Review Letters* een bericht van dezelfde onderzoekers uit Berkeley.

tekst 2

In 1999 hebben we de synthese gemeld van element 118 met een lood-krypton reactie. Bij vervolggexperimenten bleek het niet mogelijk de synthese van element 118 te herhalen. Daarom hebben wij, samen met onafhankelijke experts, de oorspronkelijke waarnemingen van onze experimenten van 1999 opnieuw geanalyseerd. Op basis van deze nieuwe analyse trekken we onze claim op de synthese van element 118 in.

naar: Physical Review Letters

De onderzoekers geven toe dat ze een fout hebben gemaakt.

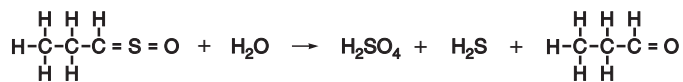
We kunnen vier mogelijke fouten onderscheiden:

- onjuiste onderzoeksvraag;
- onjuiste uitvoering van het experiment;
- onjuiste waarnemingen bij het experiment;
- onjuiste conclusie getrokken uit de waarnemingen.

- 2p **5** Leg aan de hand van tekst 2 uit, welke van deze vier fouten door de onderzoekers wordt toegegeven.

Waarom veroorzaken uien tranende ogen?

Als uien geschild of gesneden worden, komt door de beschadiging van de cellen een enzym vrij. Dit enzym breekt een reukloze verbinding af waarbij onder andere het vluchtige propaanthial-S-oxide ontstaat. Als deze verbinding in de ogen komt, veroorzaakt dat irritatie. De ogen reageren hierop door traanvocht te produceren. Vermoed wordt dat de irritatie niet wordt veroorzaakt door propaanthial-S-oxide zelf, maar door het zuur dat ontstaat als propaanthial-S-oxide met water reageert:



propaanthial-S-oxide

propanal

Om te voorkomen dat tranende ogen ontstaan bij het snijden van een ui zijn er twee mogelijkheden:

- gebruik een ui uit de koelkast;
- snijd de ui met een nat mes, of nog beter: onder water.

naar: Education in Chemistry

In de bovenstaande tekst is de reactievergelijking onvolledig weergegeven: de coëfficiënten zijn weggelaten.

- 2p **6** Neem de onvolledige reactievergelijking uit de tekst over en zet er de juiste coëfficiënten in.

Bij de reactie ontstaan twee zuren: zwavelzuur en waterstofsulfide.

- 3p **7** Geef de molecuulformules van zwavelzuur en waterstofsulfide en leg met behulp van gegevens uit Binas uit welk van de zuren zwavelzuur en waterstofsulfide het sterkste zuur is.

Over het effect van propanal op de ogen wordt niets gezegd.

- 1p **8** Beschrijf hoe je te weten kan komen of propanal ook irritatie van de ogen kan veroorzaken.

- 1p **9** Verklaar waarom het gebruiken van een ui uit de koelkast kan voorkomen dat de ogen gaan tranen.

- 1p **10** Verklaar waarom het gebruik van een nat mes bij het snijden van een ui kan voorkomen dat de ogen gaan tranen.

Kolenvergassing

In Buggenum bij Roermond heeft het bedrijf Demkolec in 1994 's werelds eerste en ook grootste kolenvergassingsinstallatie voor de productie van elektriciteit in bedrijf genomen. De installatie verbruikt per dag $2,0 \cdot 10^6$ kg steenkool.

In een interview met een vaktijdschrift zegt de bedrijfsleider het volgende:

tekst 4

1 De elektriciteitsproducenten hadden de behoefte om naast aardgas en kernenergie
2 ook steenkool te kunnen blijven stoken. De wereldvoorraad steenkool is groot
3 genoeg om er nog meer dan tweehonderd jaar gebruik van te maken. Aardgas zal
4 veel eerder schaars en duur worden. Steenkool heeft dan nog steeds een lage en
5 stabiele prijs. Nadeel van steenkool is dat je er het hele Periodieke Systeem van
6 elementen in aantreft. Bij directe verbranding komen die elementen terecht in de as,
7 vliegias, slak en rookgassen. Reiniging van deze rookgassen is kostbaar en de
8 milieueisen worden steeds strenger. Men zoekt dus een andere technologie.
9 Door de steenkool eerst te vergassen, rafel je alle verbindingen uit elkaar en scheid
10 je de elementen al voor de verbranding. Het ontstane gasmengsel wordt in een
11 aantal stappen ontdaan van alle milieubezwaarlijke verontreinigingen. Wat je
12 overhoudt is een schoon optimaal brandbaar gasmengsel van koolstofmono-oxide
13 en waterstof. Dat verbranden we in de gasturbine nog schoner dan aardgas. Uit de
14 schoorsteen komt dus voornamelijk koolstofdioxide en waterdamp en daarnaast een
15 geringe hoeveelheid zwaveldioxide.

naar: INSPANNING

- 2p **11** Noem uit tekst 4 een argument waarom de elektriciteitsproducenten de behoefte hadden om steenkool te blijven stoken en, eveneens uit tekst 4, een argument waarom werd besloten de kolen eerst te vergassen in plaats van direct te verbranden.

Noteer je antwoord als volgt:

argument voor gebruik van steenkool: ...

argument voor kolenvergassing: ...

Andere argumenten voor kolenvergassing staan op de website van Demkolec.

tekst 5

1 Het bedrijf Demkolec heeft als doel het opwekken van 'schone' elektriciteit door het
2 vergassen van steenkool. De kolenvergassing vindt plaats door fijn gepoederd
3 steenkool bij hoge temperatuur te laten reageren met zuivere zuurstof. Het eerst
4 vergassen van steenkool levert een aantal voordelen op ten opzichte van directe
5 verbranding. Zo is het rendement bij vergassing hoger, waardoor minder steenkool
6 nodig is per kWh stroom. Daardoor stoot Demkolec ook minder CO₂ uit. Bovendien
7 worden bij het vergassen weinig verzurende gassen (SO₂ en NO_x) in de lucht
8 gebracht.

naar: www.demkolec.com

- 3p **12** Verklaar met behulp van het botsende-deeltjes-model welke invloed het verpoederen van de steenkool heeft op de reactiesnelheid in de vergasser.

Belangrijke milieuproblemen zijn:

- aantasting van de ozonlaag;
- ontstaan van zure regen;
- versterking van het broeikas-effect.

Twee van deze drie milieuproblemen worden volgens Demkolec door de nieuwe kolenvergasser gunstig beïnvloed.

- 2p **13** Leg uit aan de hand van tekst 5 welke twee milieuproblemen gunstig beïnvloed worden.

De samenstelling van een bepaalde soort steenkool is in de volgende tabel weergegeven:

tabel 1

element	massapercentage
C	85
H	5,0
N	1,9
S	0,96
O	7,0
overige elementen	< 0,1

Bij de kolenvergassing ontstaat een mengsel van koolstofmono-oxide en waterstof. Dit mengsel wordt ook wel synthese gas genoemd.

- 3p **14** Bereken hoeveel kg koolstofmono-oxide maximaal ontstaat bij de vergassing van $2,0 \cdot 10^6$ kg steenkool. Maak hierbij gebruik van tabel 1.

Het synthese gas bevat nog een aantal verontreinigingen, waaronder ammoniak (NH_3). Om het ammoniakgas te scheiden van synthese gas wordt het synthese gas door water geleid. Ammoniak lost in water op en synthese gas niet.

- 1p **15** Geef de naam van de gebruikte scheidingsmethode.

In een oplossing van ammoniak in water, reageert het ammoniak met water. Hierdoor ontstaat een basische oplossing.

- 2p **16** Geef de vergelijking van de reactie van ammoniak met water.

Het gezuiverde synthese gas bevat koolstofmono-oxide en waterstof in de molverhouding 2 : 1. In de gasturbine wordt dit mengsel verbrand.

- 3p **17** Geef de verbranding van synthese gas in de gasturbine in één reactievergelijking weer.

Essentieel voor levende organismen is de vorming van eiwitten (polypeptiden). Eiwitten worden gevormd door koppeling van aminozuren.

Wanneer twee aminozuurmoleculen aan elkaar zijn gekoppeld, spreken we van een dipeptide. Een molecuul alanine en een molecuul cysteïne kunnen op twee manieren aan elkaar worden gekoppeld.

- 3p **18** □ Geef de structuurformules van de twee dipeptiden die kunnen worden gevormd door reacties van een molecuul alanine met een molecuul cysteïne. Gebruik Binas-tabel 67 C.

Wetenschappers proberen erachter te komen hoe miljarden jaren geleden leven is ontstaan. Onderstaande tekst gaat over onderzoek naar de mogelijke rol die hete diepzeebronnen hierbij hebben gehad.

tekst 6

Ziedende diepzeebron brouwt levenselixer

1 **Hete diepzeebronnen smeden stoom en stikstof om tot ammoniak, essentieel**
2 **voor leven op aarde. Zo ging het jaren geleden ook, denken onderzoekers die**
3 **het proces in het lab nabootsen.**

4 In heetwaterbronnen op de oceaanbodem spelen zich nog steeds reacties af die
5 mogelijk een rol hebben gespeeld bij het ontstaan van leven op aarde, miljarden
6 jaren geleden.

7 Bij extreem hoge druk en temperatuur op die diepten reageert stikstofgas namelijk
8 met waterdamp. Daarbij wordt ammoniak gevormd. Ammoniak is een van de
9 reactiecomponenten voor de vorming van aminozuren, de bouwstenen voor
10 eiwitten.

11 Dat ammoniak kan worden gevormd onder de barre omstandigheden die heersen
12 op de oceaanbodem is gebleken bij proeven in het geofysisch laboratorium in
13 Washington, waar men in staat is deze omstandigheden na te bootsen.

14 Amerikaanse onderzoekers gebruikten bij hun experimenten gouden kokertjes die
15 met enorme kracht in elkaar werden gedrukt.

16 In deze kokertjes deden ze stikstofgas (of stikstofdioxide) en water; ze stopten er
17 tevens basalt uit de aardkorst bij. Daarin zitten diverse ijzerhoudende verbindingen
18 in de vorm van oxiden en sulfiden. IJzerhoudende verbindingen katalyseren de
19 reactie tussen stikstof of stikstofverbindingen en water.

20 Uit het Amerikaanse onderzoek blijkt dat ammoniak wordt gevormd bij 300 tot
21 800 °C en een druk van één tot vier miljoen atmosfeer, vergelijkbaar met de
22 condities in de buurt van onderzeese geisers. Afhankelijk van de druk en
23 temperatuur wordt bij gebruik van basalt maximaal 17 procent van het stikstofgas in
24 het gouden kokertje in ammoniak omgezet.

25 Wanneer blijkt dat zich voorlopers van leven vormen onder extreme
26 omstandigheden roept dat mogelijk nieuwe inzichten op over het ontstaan van leven
27 op aarde.

28 De vorming van ammoniak is een stap in die richting. Net als de vondst enige tijd
29 geleden van enkele onderzoekers van de Universiteit van München. Zij ontdekten
30 dat onder extreme omstandigheden azijnzuur kan worden gevormd door een reactie
31 tussen koolstofmono-oxide en waterstofsulfide (H₂S). Daarbij waren eveneens
32 metaalsulfiden als katalysator nodig. Azijnzuur is ook een van de beginstoffen in de
33 synthese van aminozuren.

naar: de Volkskrant

- 3p **19** □ Leg aan de hand van een gedeelte uit tekst 6 uit waarom ammoniak “essentieel voor het leven op aarde” is (de regels 1 en 2). Geef van het tekstgedeelte dat je in je uitleg gebruikt de regelnummers of citeer die tekst letterlijk.

Bij de vorming van ammoniak op de zeebodem zijn de reactie-omstandigheden van groot belang. Deze reactie-omstandigheden moeten bij de proeven met de gouden kokertjes zoveel mogelijk hetzelfde zijn als op de zeebodem. Uit tekst 6 blijkt dat de onderzoekers ammoniak uit stikstof(verbindingen) en water hebben bereid. Daarbij hebben zij de reactie-omstandigheden, zoals die op de zeebodem heersen, nagebootst.

- 3p **20** Geef drie reactie-omstandigheden die de onderzoekers hebben nagebootst. Geef in je antwoord voor elke door jou genoemde omstandigheid het nummer van de regel uit tekst 6 waar die omstandigheid is genoemd.

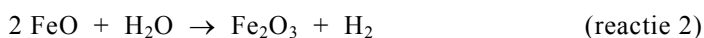
Bij de vorming van ammoniak bij de diepzeebronnen spelen ijzerverbindingen een grote rol. De vergelijking van een van de mogelijke reacties voor de vorming van ammoniak is:



- 2p **21** Leg uit of het woord “katalyseren” in regel 18 in overeenstemming is met reactie 1.

Reactie 1 kan beschouwd worden als een combinatie van twee opeenvolgende reacties: reactie 2 en reactie 3.

De vergelijking van reactie 2 luidt:



- 2p **22** Geef de vergelijking van reactie 3.

De ontdekking van de vorming van azijnzuur (ethaanzuur) onder extreme omstandigheden is ook belangrijk in het onderzoek naar het ontstaan van leven in het verre verleden.

- 3p **23** Geef de vergelijking van de reactie van de vorming van azijnzuur zoals die door de onderzoekers van de Universiteit van München ontdekt is. Neem aan dat bij deze reactie ook zwavel ontstaat.

De totale hoeveelheid stikstofatomen in de aardkorst, in de atmosfeer en in de oceanen wordt geschat op $2,0 \cdot 10^{20}$ mol. In de loop van de eerste miljard jaar van het bestaan van de aarde is naar schatting $1,4 \cdot 10^{18}$ g NH_3 gevormd.

- 3p **24** Bereken hoeveel procent van de stikstofatomen gedurende deze eerste miljard jaar omgezet is in ammoniak.

Mosterd

Wanneer je in een cafetaria een kroket bestelt, krijg je er meestal een zakje mosterd bij. Op zo'n zakje mosterd staat onder andere de volgende tekst:

tekst 7

Ingrediënten: natuurazijn, mosterdzaden, zout, suiker, kruiden en specerijen.
INH. 5 gram.

Kees en Karel willen onderzoeken hoeveel natuurazijn is gebruikt bij het maken van deze soort mosterd. Ze brengen 3,0 gram mosterd in een bekeerglas. Zij voegen er een beetje water aan toe, waardoor in het bekeerglas een suspensie ontstaat. Ze filteren de verkregen suspensie en vangen het filtraat op. Het residu in het filter spoelen ze na met water. Het filtraat dat ze daarbij verkrijgen, vangen ze weer op. Ze voegen beide filtraten bij elkaar en vullen met water aan tot 50 mL. Met deze kleurloze oplossing, die ze oplossing A noemen, doen ze hun proeven.

1p **25** Geef aan waarom het residu wordt nagespoeld.

Kees en Karel brengen 10 mL van oplossing A in een erlenmeyer, voegen een paar druppels fenolftaleïne toe en druppelen 0,060 M natronloog toe. Nadat ze 3,1 mL natronloog hebben toegevoegd, kleurt de fenolftaleïne de oplossing roze. Ze mogen aannemen dat nu al het azijnzuur gereageerd heeft.

Natronloog en azijnzuur (ethaanzuur) reageren met elkaar in de molverhouding 1 : 1.

4p **26** Bereken hoeveel gram natuurazijn voor het maken van 3,0 gram mosterd nodig is. Neem daarbij aan dat azijnzuur (ethaanzuur) het enige zuur is en dat de natuurazijn 4,0 massaprocent azijnzuur bevat.

Tijdens het toedruppelen van het natronloog bleek de kleurloze oplossing langzaam geel te worden. Kees en Karel zijn verrast door het ontstaan van de gele kleur.

Ze nemen opnieuw een klein beetje van oplossing A en druppelen natronloog toe. De oplossing wordt weer geel. Na toevoegen van enige druppels zoutzuur verdwijnt de gele kleur weer. Oplossing A bevat dus een indicator.

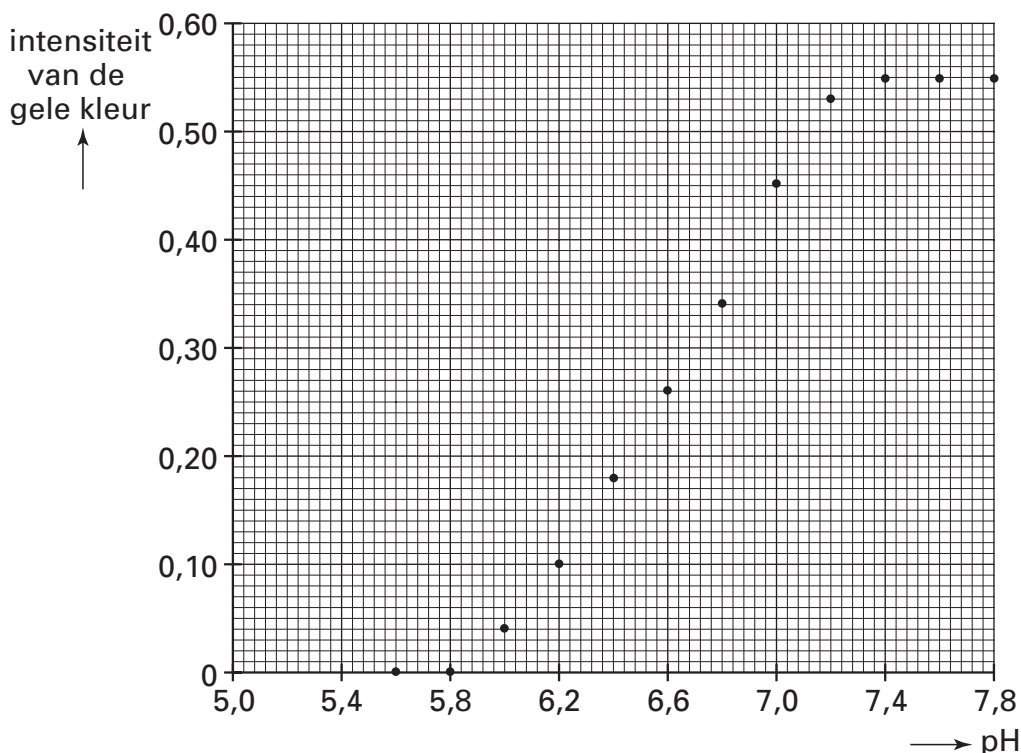
Kees en Karel willen meer weten over deze indicator. In een boek vinden ze dat het verkleuren van een indicator te maken heeft met het evenwicht:



3p **27** Leg aan de hand van dit evenwicht en de resultaten van de proeven van Kees en Karel uit, welk van de deeltjes, Ind of HInd^+ , de gele kleur veroorzaakt.

Kees en Karel maken een serie bufferoplossingen met verschillende pH's. Aan 2,0 mL van elke bufferoplossing voegen ze 1,0 mL van oplossing A toe. Van de ontstane oplossingen meten ze de intensiteit van de gele kleur met een zogenoemde colorimeter. Het resultaat van hun metingen is in onderstaand diagram weergegeven:

diagram 1



- 1p **28** □ Van welke eigenschap van een bufferoplossing maken Kees en Karel gebruik?

Vervolgens willen ze het omslagtraject van deze indicator bepalen.

Met behulp van diagram 1 is het omslagtraject van deze indicator vast te stellen. De ondergrens van dit omslagtraject is de pH waarbij de indicator 10% van zijn maximale kleurintensiteit heeft, de bovengrens van dit omslagtraject is de pH waarbij de indicator 90% van zijn maximale kleurintensiteit heeft.

- 3p **29** □ Bepaal met behulp van diagram 1 hoeveel 10% van de maximale intensiteit is en bepaal vervolgens, met één cijfer achter de komma, de ondergrens en de bovengrens van het omslagtraject van deze indicator.

Noteer je antwoord als volgt:

10% van de maximale kleurintensiteit: ...

pH ondergrens: ...

pH bovengrens: ...

Kees en Karel vermoeden dat de indicator uit het mosterdzaad afkomstig is. Om dit te onderzoeken kopen ze wat van dit zaad.

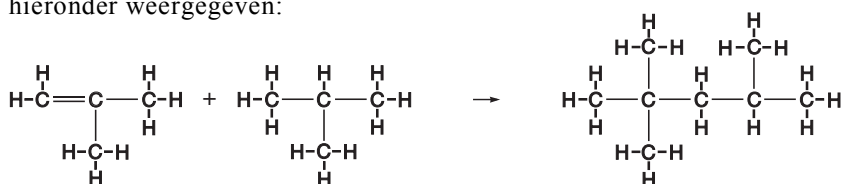
- 2p **30** □ Beschrijf hoe Kees en Karel te werk kunnen gaan om aan te tonen dat de indicator uit het mosterdzaad afkomstig is.

Ontzwareling van benzine

Aardolie bestaat uit een groot aantal stoffen. Deze stoffen worden door destillatie gescheiden in een aantal fracties. De fractie met een kooktraject van 70 °C tot 180 °C bestaat voor het grootste deel uit koolwaterstoffen waarvan de moleculen zes tot tien koolstofatomen bevatten. Uit deze fractie wordt brandstof voor benzineauto's gemaakt. De vraag naar deze brandstof is zo groot, dat verschillende processen zijn ontwikkeld om stoffen uit andere fracties om te zetten in stoffen die geschikt zijn als autobrandstof. In één van deze processen worden grote moleculen omgezet in kleinere moleculen.

- 1p **31** □ Geef de naam van het proces in de aardolie-industrie waarbij grote moleculen worden omgezet in kleinere moleculen.

Bij dit proces ontstaan ook moleculen met minder dan zes koolstofatomen. Deze kleinere moleculen kunnen in een volgend proces gebruikt worden om moleculen van een gewenste grootte te maken. Daarbij reageren alkenen met alkanen. Een voorbeeld van zo'n reactie is hieronder weergegeven:



- 2p **32** □ Is deze reactie een additiereactie? Geef een verklaring voor je antwoord.

In de fractie die gebruikt wordt als autobenzine komen altijd zwavelverbindingen voor. Bij de verbranding van benzine ontstaat daardoor het schadelijke zwaveldioxide. De zwavelverbinding die voornamelijk in autobenzine voorkomt, is thiofeen (kookpunt 84 °C). De structuurformule van thiofeen wordt meestal als volgt weergegeven:



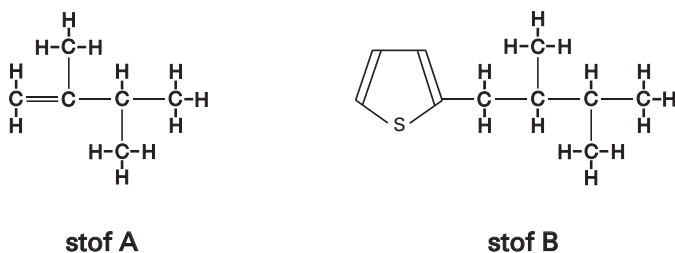
In deze structuurformule zijn de koolstofatomen, de waterstofatomen en de bindingen tussen koolstofatomen en waterstofatomen niet getekend.

- 2p **33** □ Geef de molecuulformule van thiofeen.

- 3p **34** □ Geef de vergelijking van de volledige verbranding van thiofeen. Gebruik daarbij molecuulformules.

In verschillende landen worden de normen voor het zwavelgehalte in autobenzine aangescherpt. In 2000 bevatten de meeste benzinesoorten nog enkele honderden ppm zwavel (1 ppm zwavel = 1 mg zwavel per kg benzine). In 2005 zal in de landen van de Europese Unie het zwavelgehalte van benzine lager dan 50 ppm moeten zijn.

Een nieuw ontwikkeld proces om het zwavelgehalte sterk te verminderen is OATS (Olefinic Alkylation of Thiophenic Sulfur). Onder bepaalde omstandigheden kan thiofeen reageren met alkenen die in de benzinefractie aanwezig zijn. Bij deze reactie van thiofeen met stof A ontstaat onder andere stof B:



- 3p **35** □ Geef de naam van stof A.

Het kookpunt van stof B is hoger dan 180 °C. Daardoor kan stof B gemakkelijk worden verwijderd uit het mengsel.

- 1p **36** Noem het type binding dat bij het kookpunt wordt verbroken.
- 1p **37** Geef de naam van de scheidingsmethode die wordt gebruikt om stof B uit het mengsel te verwijderen.

In Nederland wordt per jaar ongeveer $5,1 \cdot 10^9$ liter benzine verbrand. De dichtheid van benzine is $0,72 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$. Wanneer deze benzine een zwavelgehalte heeft van 250 ppm, dan wordt per jaar via de benzine $9,2 \cdot 10^5$ kg zwavel verbrand. Door een verlaging van het zwavelgehalte van 250 ppm naar 50 ppm zal er veel minder zwaveldioxide ontstaan (1 ppm zwavel = 1 mg zwavel per kg benzine).

- 2p **38** Laat door berekening zien dat per jaar in Nederland via de benzine $9,2 \cdot 10^5$ kg zwavel wordt verbrand bij gebruik van benzine met een zwavelgehalte van 250 ppm.
- 2p **39** Bereken hoeveel kg zwaveldioxide er per jaar minder ontstaat als het zwavelgehalte van benzine 50 ppm is in plaats van 250 ppm.

Einde