

# 5 In vuur en vlam!



# 1 Brand!

## Leerstof

- 1 Welke drie voorwaarden zijn nodig om brand te krijgen?
  - *Je moet een brandstof hebben.*
  - *Er moet lucht (zuurstof) aanwezig zijn.*
  - *De brandbare stof moet op zijn ontbrandingstemperatuur zijn gebracht.*
- 2 Wat is de ontbrandingstemperatuur?
 

*De temperatuur waarbij een stof begint te branden.*
- 3 Geef het algemene reactieschema voor een verbranding.
 

*brandbare stof + zuurstof → verbrandingsproducten*
- 4 Bij een verbranding kun je verschillende reactieverschijnselen waarnemen.
  - a Wat is rook?
 

*Rook is een mengsel van lucht, hete verbrandingsgassen en kleine deeltjes vaste stof.*
  - b Wat zijn vonken?
 

*deeltjes vaste stof die zo heet zijn dat ze zichtbaar gaan gloeien*
- 5 Hoe heten verbindingen van één element met zuurstof?
 

*oxiden*
- 6 Hoe heet de verbinding tussen calcium en zuurstof?
 

*calciumoxide*

- 7 Hoe kun je nagaan of er in een gas koolstofdioxide aanwezig is?
 

*Je moet het gas door helder kalkwater leiden. Als het kalkwater troebel wordt, zit er koolstofdioxide in het gas.*

## Toepassing

- 8 Een lucifer kun je aansteken door met de kop langs het doosje te strijken.
  - a Hoe krijg je het voor elkaar dat de kop van de lucifer op de ontbrandingstemperatuur komt?
 

*Door de lucifer langs het strijkvlak van het luciferdoosje te strijken, wordt de temperatuur hoog genoeg door de wrijving.*
  - b Hoe komt het hout van de lucifer boven zijn ontbrandingstemperatuur?
 

*Door de warmte die vrijkomt bij de verbranding van de stoffen in de kop van de lucifer.*
  - c Als je de brandende lucifer in een reageerbuis laat vallen, gaat de lucifer uit. Hoe komt het dat de lucifer uit gaat?
 

*In de reageerbuis is maar een beetje lucht (zuurstof) aanwezig. Als die op is, dooft de lucifer.*

### Man gewond door fosfor in broekzak

DELFT – Zaterdag liep een man derdegraads brandwonden op toen een stukje fosfor in zijn broekzak vlam vatte. (...) Onder water kan fosfor geen kwaad. Als het opdroogt en op een bepaalde temperatuur komt, ontvlamt het spontaan. (...)

#### ▲ figuur 1

Wie doet er nu toch fosfor in zijn broekzak?

- 9 Lees het artikel van figuur 1.

Beantwoord daarna de volgende vragen.

- a Waarom kan fosfor onder water geen kwaad?

*Onder water kan fosfor niet met lucht (zuurstof) reageren. Er kan geen lucht (zuurstof) bij de fosfor komen.*

- b Hoe heet die 'bepaalde temperatuur' waarbij fosfor spontaan ontbrandt?

*de ontbrandingstemperatuur van fosfor*

- c Geef het reactieschema voor de verbranding van fosfor in woorden. Er ontstaat difosforpentaoxide.

*fosfor + zuurstof → difosforpentaoxide*

- d Geef de reactievergelijking voor de verbranding van fosfor waarbij difosforpentaoxide,  $P_2O_5(s)$ , ontstaat.

*$4 P(s) + 5 O_2(g) \rightarrow 2 P_2O_5(s)$*

- 10 Een mengsel van waterstof en zuurstof wordt knalgas genoemd. Een vonkje is al genoeg om het mengsel te laten ontbranden. De verbranding verloopt daarna supersnel, met een explosie tot gevolg.

- a Waar is dat ene vonkje voor nodig?

*Dat ene vonkje is nodig om de brandbare waterstof op ontbrandingstemperatuur te brengen.*

- b Geef het reactieschema van deze explosie in woorden.

*waterstof + zuurstof → water*

- c Geef de vergelijking van de reactie die tijdens de explosie optreedt.

*$2 H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2 H_2O(g)$*

### Ontploffing in pluimveestal

HARDERWIJK – Ontploffing van uit mest gevormd gas is de oorzaak van de brand in de leghennenstal van W. van de Put uit Doornspijk. (...) Van de Put was bezig met slijpwerk. Hierbij moet een vonk in de open mestkelder zijn gevallen, waardoor het opgehoopte gas is ontploft. (...) Van de Put heeft van tevoren het gas niet geroken. Hij had tijdens het werk deuren en ventilatieopeningen openstaan.

#### ▲ figuur 2

brand in het kippenhok

- 11 Lees het artikel van figuur 2.

Beantwoord daarna de volgende vragen.

- a Welk soort reactie is een ontploffing?

*Een ontploffing is een heel snelle verbrandingsreactie.*

- b Welke voorwaarden voor een verbranding worden in het stukje tekst genoemd? Zet de woorden 'brandstof', 'zuurstof', 'ontbrandingstemperatuur' en de omschrijvingen die dit weergeven in de tekst bij elkaar.

*– brandstof: uit mest gevormd gas*

*– zuurstof: De deuren en ventilatieopeningen stonden open.*

*– ontbrandingstemperatuur: Een vonk viel in de mestkelder.*

- c Leg uit dat het gevormde gas zeker geen ammoniak geweest is.

*Het was een reukloos gas.*

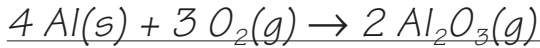
*Ammoniak is geen reukloos gas. Ammoniak heeft een sterk prikkelende geur.*

12 Bij de verbranding van aluminium ontstaat een verbinding tussen aluminium en zuurstof:  $Al_2O_3$ .

a Wat is de naam van deze stof?

*aluminiumoxide*

b Geef de kloppende reactievergelijking voor de verbranding van aluminium.



### Witte wieven chemisch verklaard

HAMBURG – Twee Duitse chemici geloven een oplossing te hebben gevonden voor het raadsel der dwaallichten, 'witte wieven' genoemd. (...) Lange tijd is gedacht dat de verschijnselen worden veroorzaakt door de verbranding van methaangas, dat ontstaat bij rottingsprocessen. Maar niemand wist hoe het gas in brand kan vliegen. Günther Gassmann en Dieter Glindemann van het Helgoland Biologisch Instituut in Hamburg denken nu de brandstichter te hebben gevonden in de stof fosfine,  $PH_3(g)$ . Dit gas ontbrandt vanzelf als het in aanraking komt met lucht. (...)

#### ▲ figuur 3

het 'witte wieven'-raadsel ontmaskerd

13 Lees het artikel van figuur 3.

Beantwoord daarna de volgende vragen.

a Wat weet je nu van de ontbrandingstemperatuur van fosfine?

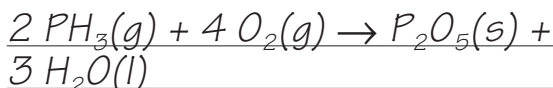
*Die is ongeveer 20 °C, want het gas ontbrandt spontaan.*

b Bij de verbranding van fosfine ontstaan difosforpentaoxide en water.

Geef het reactieschema in woorden.

*fosfine + zuurstof → difosforpentaoxide + water*

c Geef de reactievergelijking van de verbranding van fosfine.



d Wat is de ontbrandingstemperatuur van methaan?

*537 °C*

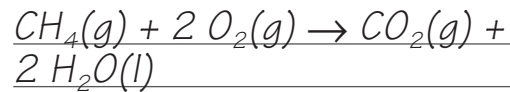
e De 'witte wieven' zijn kleine vlammetjes met brandend methaan.

Hoe wordt het methaan boven zijn ontbrandingstemperatuur gebracht?

*Dat gebeurt door de warmte die vrijkomt bij de verbranding van het fosfine.*

f Bij de verbranding van methaan ( $CH_4$ ) ontstaan koolstofdioxide en water.

Geef de reactievergelijking van de verbranding van methaan.



14 Als je papier verbrandt, ontstaan verbrandingsgassen. Houd je een koud bekersglas in de verbrandingsgassen, dan beslaat het bekersglas.

a Welke stof zit er in de verbrandingsgassen van papier?

*water*

b Als je de verbrandingsgassen van papier door helder kalkwater leidt, wordt het kalkwater troebel. Welke stof zit er nog meer in de verbrandingsgassen van papier?

*koolstofdioxide*

c Geef het reactieschema voor de verbranding van papier.

*papier + zuurstof → water + koolstofdioxide*

+15 Als je de verbrandingsgassen van papier door helder kalkwater leidt, wordt het kalkwater troebel.

a Welk element moet er dus in de stof papier aanwezig zijn? Leg je antwoord uit.

*Het kalkwater wordt troebel door koolstofdioxide dat weer is ontstaan door de verbranding van koolstof. Het element koolstof moet dus in papier aanwezig zijn.*

b Wat blijft er in een reageerbuisje achter als je een stukje papier zo ver verhit dat het gaat ontleden?

*een zwarte (roet)aanslag die bestaat uit koolstof*

## Plus Waterstof

**16** Waterstof komt gebonden voor in water en in methaan.

**a** Wat wordt bedoeld met 'waterstof komt gebonden voor'?

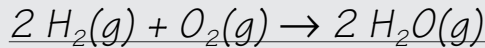
*Waterstof komt in een verbinding met andere atomen voor, dus bijvoorbeeld als water,  $H_2O(l)$ .*

**b** Geef de formules van water en methaan.

– water:  $H_2O(l)$

– methaan:  $CH_4(g)$

**c** Geef de reactievergelijking voor de verbranding van waterstof.



**d** Leg uit dat waterstof een schone energiedrager is.

*Bij de verbranding van waterstof ontstaat alleen water. Water is niet milieuvriendelijk.*

**17** Waterstof heeft vele eigenschappen.

**a** Geef vier eigenschappen van waterstof.

*gas, kleurloos, reukloos, brandbaar*

**b** Noem twee toepassingen van waterstof.

*Waterstof kan worden gebruikt om elektrische energie op te wekken in een brandstofcel.*

*Waterstof kan worden gebruikt om auto's te laten rijden.*

**c** Hoe kun je het volume van waterstofgas verkleinen? Geef twee manieren.

– *het gas samenpersen*

– *het gas sterk afkoelen, zodat het gas vloeibaar wordt*

# 2 Een brand blussen

## Leerstof

18 Er zijn drie voorwaarden om brand te krijgen:

brandstof, zuurstof en de brandstof op ontbrandingstemperatuur brengen.

a Welke voorwaarde(n) haal je weg als je blust met water?

*Je koelt af, zodat de temperatuur onder de ontbrandingstemperatuur komt. Als je blust met een waternevel, blokkeer je ook nog de zuurstoftoevoer.*

b Welke voorwaarde(n) haal je weg als je blust met schuim?

*Je zorgt ervoor dat er geen zuurstof bij kan komen.*

19 Vaak zie je in bossen zogenoemde brandgangen.

a Wat ben je aan het doen als je brandgangen in een bos maakt?

*Je verwijdert brandbaar materiaal, zodat daar de brand stopt.*

b Wat wil je daarmee voorkomen?

*Je wilt voorkomen dat de brand zich kan uitbreiden.*

20 Je kunt een brand op verschillende manieren blussen.

Op welke drie manieren kun je een brand blussen?

*- de temperatuur verlagen tot onder de ontbrandingstemperatuur  
- de zuurstoftoevoer blokkeren  
- de brandstof wegnemen/de brandstoftoevoer stopzetten*

21 Olie- en benzinebranden kun je niet met water blussen.

Waarom niet?

*De brandende benzine/olie drijft op water en brandt dus gewoon door. Ook kan de brand zich daardoor verder verspreiden.*

22 Op welke manier kon Paul Adair de olietoevoer van een brandende olieput blokkeren?

*Bij een brandende olieput stroomt er olie uit een gat in de grond. Hij gebruikte een op afstand bestuurbare machine om een plug in dit gat te stoppen.*

## Toepassing

23 Als je in een vuur blaast, kan het vuur uit gaan.

Het vuur kan echter ook harder gaan branden.

a Wanneer wil je dat door blazen het vuur uit gaat? Geef een voorbeeld.

*Als het een ongewenste brand is, bijvoorbeeld als een kaars op tafel omvalt.*

b Wanneer wil je juist dat het vuur door blazen harder gaat branden? Geef een voorbeeld.

*Als het een gewenste brand is, die harder moet gaan branden.*

*Bijvoorbeeld een openhaardvuur, dat je met een blaasbalg aanwakkert.*

c Soms gaat door blazen het vuur uit, terwijl je juist wilt dat het harder gaat branden.

Wat kan de oorzaak zijn?

*Je verlaagt door het blazen de temperatuur zo sterk dat die onder de ontbrandingstemperatuur komt.*

**24** Vlam in de pan! Dat kan gebeuren als een pan met vet te lang op het fornuis heeft gestaan. De brand ontstaat doordat de vrijkomende vetdamp vlam heeft gevat (is ontbrand).

Hoe moet je deze brand blussen, en hoe niet? Geef van elk van de volgende blusmethoden aan of ze bruikbaar zijn en waarom (of waarom juist niet):

**a** het fornuis uitzetten en het deksel op de pan doen

*Bruikbaar: hiermee verwijder je de energiebron (fornuis uit) en stop je de zuurstoftoevoer (deksel erop).*

**b** het fornuis uitzetten en met de brandende pan naar buiten lopen

*Gedeeltelijk bruikbaar: je verwijdert de energiebron (fornuis uit), maar het is veel te gevaarlijk om met brandend vet te gaan lopen.*

**c** het fornuis uitzetten en met water de vlammen doven

*Gedeeltelijk bruikbaar: het fornuis uitzetten is prima, maar met water blussen levert een steekvlam op.*

**d** het fornuis uitzetten en met de aanwezige schuimblusser de vlammen doven

*Bruikbaar: hiermee verwijder je de energiebron (fornuis uit) en stop je de zuurstoftoevoer (schuimlaag).*

**e** Frituren doe je op het fornuis en onder een afzuigkap.

Wordt door de afzuigkap een brand in de frituurpan uitgeblazen of juist aangewakkerd? Leg je antwoord uit.

*De afzuigkap blaast niet en is ook niet krachtig genoeg om de brand te doven. De brand wordt juist aangewakkerd, omdat de afzuigkap extra zuurstof doet toestromen.*

**f** Je hebt zojuist een brandende pan met heet vet gedooft door er een deksel op te leggen. Dat stinkt behoorlijk en je besluit om de pan naar buiten te dragen.

Leg uit wat er gebeurt als, tijdens het naar buiten dragen, het deksel van de pan af glijdt.

*Het vet in de pan is dan nog steeds boven zijn ontbrandingstemperatuur. Als het deksel eraf glijdt, komt er zuurstof bij het hete vet en zal het vet opnieuw in brand vliegen.*

**25** Met een mengsel van stikstof-, koolstofdioxide- en argongas kan een brand uitstekend worden geblust. Wanneer je het mengsel op een brandend voorwerp spuit, voorkom je dat voldoende zuurstof bij de vlammen kan komen.

**a** Welke voorwaarde neemt het mengsel van de drie gassen weg?

*Het gasmengsel voorkomt dat er zuurstof bij de brand kan komen.*

**b** Voor welk soort brand(en) zou dit mengsel kunnen worden gebruikt? Licht je antwoord toe.

*Voor benzine- en oliebranden. Dergelijke branden kun je niet met water blussen.*

### Auto in brand

UTRECHT – Waar rook is, is vuur. Dat moet een 48-jarige vrouw hebben gedacht toen ze in haar achteruitkijkspiegel keek en een groot rookspoor achter haar auto zag. Kort daarna kwam er een steekvlam onder de motorkap vandaan.

De brandweer kwam te laat om nog iets van de vier maanden oude auto te redden. Door bluswerkzaamheden was de rijstrook geruime tijd afgesloten voor het overige verkeer.

#### ▲ figuur 4

Waar rook is, is vuur.

26 Lees het artikel van figuur 4.

Beantwoord daarna de volgende vragen.

a Waardoor zal de steekvlam zijn ontstaan?

*Er zal brandstof (benzine) op de hete motor terecht zijn gekomen. Hierdoor ontstaat een snelle verbranding.*

b Waarmee zal de brandweer hebben geblust: met water of met schuim? Leg uit waarop je je keuze baseert.

*Met schuim, want een benzinebrand kun je niet met water blussen. Benzine drijft namelijk op water.*

c Wat vind je van de uitspraak "Waar rook is, is vuur"? Klopt deze uitspraak bij verbrandingen?

*Deze uitspraak klopt meestal. Bij een verbranding zie je vaak verbrandingsverschijnselen zoals rook en vlammen.*

### Branden blussen met waterexplosies

Brandbestrijders hebben een nieuwe blustechniek ontwikkeld. Men maakt gebruik van exploderende, met water gevulde, kunststof buizen. Een blusexplosie heeft een tweeledig doel. Eerst wordt door de schokgolf van water het vuur in een fractie van een seconde uitgeblazen. Daarna wordt de plaats van de brand afgekoeld door een nevel van waterdruppeltjes.

#### ▲ figuur 5

brand blussen met explosieve nevel

27 Lees het artikel van figuur 5.

Welke twee voorwaarden voor verbranding worden door de nieuwe blusmethode weggenomen?

*De zuurstoftoevoer wordt geblokkeerd en de temperatuur wordt verlaagd tot onder de ontbrandingstemperatuur.*

28 In een bedrijf en ook op school zijn verschillende blusapparaten aanwezig. Natuurlijk hangt er een brandslang, maar ook een poederblusser en een koolzuursneeuwblusser (CO<sub>2</sub>-blusser) zijn vaak aanwezig (figuur 6).

a Welk verschil is er tussen het blussen met een brandslang en het blussen met een poederblusser als je let op de voorwaarden om een brand te blussen?

*Bij gebruik van een brandslang verlaag je de temperatuur, bij gebruik van een poederblusser blokkeer je de zuurstoftoevoer.*

b Welk soort brand kan wel met een poederblusser, maar niet met een brandslang worden geblust?

*een benzine- of oliebrand*

c Bij gebruik van koolzuursneeuwblussers in kleine afgesloten ruimten kan verstikking optreden.

Leg uit hoe verstikking kan ontstaan.

*De vrijkomende gassen kunnen alle zuurstof uit de ruimte verwijderen.*

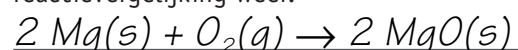
d Bij magnesiumbranden mag een koolzuursneeuwblusser niet worden gebruikt.

Brandend magnesium reageert namelijk zeer heftig met het koolstofdioxide uit de koolzuursneeuwblusser.

Hoe kan brandend magnesium wel worden geblust?

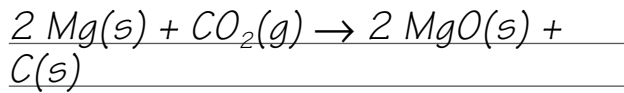
*Brandend magnesium kun je het best met schuim blussen.*

e Geef de verbranding van magnesium in een reactievergelijking weer.



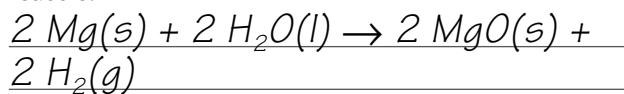


f Bij de heftige reactie tussen magnesium en koolstofdioxide ontstaan roet en magnesiumoxide. Geef de kloppende reactievergelijking van deze reactie.



g Brandend magnesium reageert ook zeer heftig met water. Hierbij ontstaan waterstof en magnesiumoxide.

Geef de kloppende reactievergelijking van deze reactie.



h Welk gevaar levert de reactie tussen magnesium en water nog extra op, gelet op de reactieproducten?

*Er ontstaat waterstofgas dat explosief met zuurstof kan reageren.*



▲ figuur 6  
koolzuursneeuwblusser

+29 Een explosie is een verbrandingsreactie. Toch doofde Paul Adair brandende olieputten met explosieven.

Leg uit hoe je met een explosie toch een brand kunt blussen.

*Voor de verbrandingsreactie van de explosie is zuurstof nodig. Deze zuurstof wordt bij de brandende olie weggehaald. Hierdoor dooft de oliebrand.*

### 30 Procesoperator in een chemische installatie, iets voor jou?

Als procesoperator bedien je chemische installaties waarin zich brandbare stoffen kunnen bevinden. Procesoperator Marjolein vertelt hierover in de video op:

<http://www.exactwatjezoekt.nl/video-beroepen-mbo/procesoperator-3>.

Marjolein werkt met de stoffen ethyleenoxide (etheenoxide) en ethyleenglycol (etheenglycol).

a Zoek het smeltpunt en kookpunt van deze stoffen op.

*ethyleenoxide: smeltpunt -111 °C, kookpunt 10,7 °C*

*ethyleenglycol: smeltpunt -13 °C, kookpunt 197 °C*

b Zijn deze stoffen een vaste stof, vloeistof of gas bij 20 °C?

*Ethyleenoxide is een gas.*

*Ethyleenglycol is een vloeistof.*

c Zoek de ontbrandingstemperatuur (vlampunt) van beide stoffen op.

*ethyleenoxide:*

*ontbrandingstemperatuur -20 °C*

*ethyleenglycol:*

*ontbrandingstemperatuur 111 °C*

Ethyleenoxide is een gevaarlijke stof. Een mengsel van lucht en ethyleenoxide kan gemakkelijk exploderen.

d Wat is er nodig om de explosie op gang te brengen?

*een vonk of vuur*

e Hoe zie je aan Marjolein dat veilig werken belangrijk is?

*Marjolein draagt een speciale*

*overall, veiligheidsschoenen,*

*een veiligheidsbril en een*

*veiligheidshelm. Verder*

*controleert Marjolein regelmatig*

*of alle apparatuur naar behoren*

*werkt en niet te warm wordt.*

**f** Op het tijdstip 1.41 uur in de video zie je een beeldscherm met foutmeldingen. Zoals je ziet, heeft een ventilator van een gebouw een probleem. Waarom moet een dergelijk probleem direct verholpen worden?

*Anders hopen er zich gevaarlijke stoffen op in het gebouw.*

**g** Tijdens het nemen van het monster maakt Marjolein een fout.

Wat gaat er mis?

*Marjolein morst een beetje vloeistof op de grond.*

**h** Marjolein heeft bij de brandweer enkele blustechnieken geoefend.

Welke blustechnieken zijn er?

*blussen met schuim en blussen met water*

## Plus Brandveilige kleding

**31** Brandwonden kunnen ernstig van aard zijn. Kleding kan daarbij een rol spelen.

**a** Leveren strakke truitjes en topjes ergere brandwonden op dan loszittende kleding?

*Uit onderzoek van TNO is gebleken dat juist loszittende kleding gevaarlijker is.*

**b** Wat geeft onderzoek van TNO aan op dit gebied?

*Ruime en loszittende kleding brandt sneller en feller.*

**c** Welke verklaring geeft TNO daarbij?

*Omdat de kleding ruim en loszittend is, kan de zuurstof gemakkelijk overal bijkomen.*

**d** Welke voorwaarde voor verbranding speelt hierbij dus een belangrijke rol?

*de zuurstoftoevoer*

**32** TNO gebruikt twee uitgangspunten bij het vaststellen van de brandbaarheid.

**a** Welke twee uitgangspunten zijn dat?

*– de temperatuur die minimaal nodig is om de stof te laten ontbranden*

*– de zuurstofconcentratie die minimaal nodig is om het te laten ontbranden*

**b** Welk derde uitgangspunt zou TNO ook nog kunnen betrekken in het onderzoek?

*de soort stof*

# 3 Volledige en onvolledige verbranding

## Leerstof

33 Aardgas is een brandstof die in bijna ieder huishouden wordt verbruikt.

a Wat is het brandbare deel van aardgas?

*methaan*

b Waarom voegt het gasbedrijf aan het aardgas een geurstof toe?

*Aardgas is zelf reukloos. Zonder de geurstof zou je een gaslek niet kunnen ruiken.*

c Waaruit bestaat Gronings aardgas?

*Gronings aardgas bestaat voor 80 volume% uit aardgas en voor 20 volume% uit stikstof.*

34 Wanneer verbrandt aardgas onvolledig?

*Aardgas verbrandt onvolledig als er onvoldoende zuurstoftoevoer is.*

35 Welke reactieproducten ontstaan bij de:

a volledige verbranding van aardgas?

*water en koolstofdioxide*

b onvolledige verbranding van aardgas?

*water en koolstofmono-oxide of roet*

36 Geef de formules van:

a methaan.

*CH<sub>4</sub>(g)*

b zuurstof.

*O<sub>2</sub>(g)*

c koolstofdioxide.

*CO<sub>2</sub>(g)*

d water.

*H<sub>2</sub>O(l)*

e koolstofmono-oxide.

*CO(g)*

f roet.

*C(s)*

37 Je kunt de verbranding van methaan in woorden en in een formule weergeven.

a Geef het reactieschema van de volledige verbranding van methaan in woorden weer.

*methaan + zuurstof → koolstofdioxide + water*

b Geef de reactievergelijking van de verbranding van aardgas.

*CH<sub>4</sub>(g) + 2 O<sub>2</sub>(g) → CO<sub>2</sub>(g) + 2 H<sub>2</sub>O(l)*

38 Bij een onvolledige verbranding ontstaan gevaarlijke stoffen.

a Wat voor problemen geeft roet?

*Roet geeft een zwarte aanslag. Als die aanslag zich ophoopt in een schoorsteen, kan een schoorsteenbrand ontstaan.*

b Wat is de scheikundige naam voor kolendamp?

*koolstofmono-oxide*

c Wat is er zo gevaarlijk aan kolendamp?

*Het is een zeer giftig gas dat je niet kunt waarnemen, omdat het kleurloos en reukloos is.*

## Toepassing

39 Aardgas wordt op veel plaatsen en voor veel doeleinden gebruikt als brandstof.

a Geef een aantal voorbeelden waarbij aardgas als brandstof dient.

*bijvoorbeeld: eten koken op een gasfornuis; aardgas in een cv-ketel; aardgas in een elektriciteitscentrale; aardgas als autobrandstof; aardgasbranders in de scheikundeles*

b Wordt bij verbranding alle warmte nuttig gebruikt? Licht je antwoord toe.

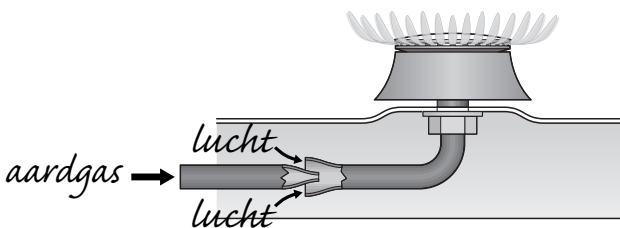
*Nee, er gaat altijd een gedeelte van de warmte (naar de omgeving) verloren.*

40 Bij een fornuis waar aardgas wordt verbrand, zie je een blauwe vlam.

a Zit er voldoende zuurstof in het gasmengsel dat de brander van het fornuis binnengaat? Leg je antwoord uit.

*Een blauwe vlam duidt op een volledige verbranding. In het gasmengsel zit dus voldoende zuurstof.*

b Geef in de tekening van figuur 7 de aanvoer van aardgas en lucht aan.



▲ figuur 7  
een gasbrander in de keuken

41 De brander van een cv-ketel moet jaarlijks worden gecontroleerd.

a Waarom moet de brander van een cv-ketel regelmatig worden schoongemaakt?

*Je moet voorkomen dat de brander vuil wordt. Een vuile brander geeft bij verbranding ook vorming van koolstofmono-oxide, CO(g).*

b Hoe kun je aan de vlam van een brander zien of de brander moet worden schoongemaakt?

*Als de vlam geel kleurt, treedt er onvolledige verbranding op en moet de brander worden schoongemaakt.*

42 Als een schoorsteen of open haard brandt, zie je meestal gele vlammen.

a Waarom moet de schoorsteen van een open haard of houtkachel vaker worden geveegd dan van een cv-ketel?

*De gele vlammen duiden op een onvolledige verbranding. Omdat de vlammen in een houtkachel of open haard bijna altijd geel zijn, ontstaat er hierin meer roet dan in een cv-ketel. De schoorsteen van een open haard of kachel moet dus vaker geveegd worden dan die van een cv-ketel.*

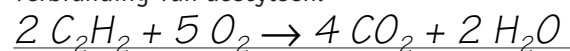
b Welk gevaar bestaat er als je de schoorsteen niet regelmatig laat vegen?

*Het roet slaat neer op de binnenwand van de schoorsteen. Als dat niet wordt weggehaald, kan brand ontstaan in de schoorsteen.*

43 Bij het lassen wordt vaak acetyleen ( $C_2H_2$ ) als brandstof gebruikt.

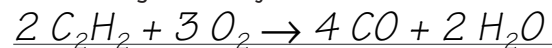
a Bij de volledige verbranding van acetyleen ontstaan koolstofdioxide en water.

Geef de reactievergelijking van de volledige verbranding van acetyleen.



b Bij de onvolledige verbranding van acetyleen ontstaan koolstofmono-oxide en water.

Geef de reactievergelijking van de onvolledige verbranding van acetyleen.



c Hoeveel moleculen zuurstof zijn nodig voor de volledige verbranding van twee moleculen acetyleen?

*vijf moleculen zuurstof*

d Hoeveel moleculen zuurstof zijn nodig voor de onvolledige verbranding van twee moleculen acetyleen?

*drie moleculen zuurstof*

e Bij welk van eerdergenoemde reacties is de minste zuurstof nodig?

*bij een onvolledige verbranding*

### Dood bewoner veroorzaakt door koolmonoxide

EDE – De dood van een 35-jarige man is veroorzaakt door het inademen van koolmonoxide. De man verbleef in het buitenhuis van een vriend dat werd verwarmd door een defect apparaat met propaangas. Er ontsnapte koolmonoxide, een kleur- en reukloos gas, waaraan hij overleed.

#### ▲ figuur 8

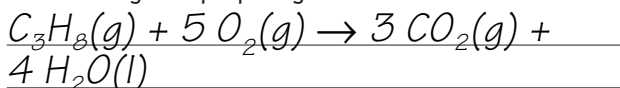
Kolendamp maakt slachtoffer.

#### +44 Lees het artikel van figuur 8.

Beantwoord daarna de volgende vragen.

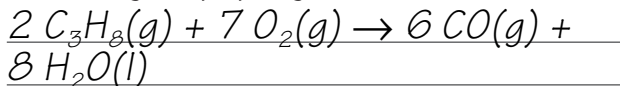
De dood door kolendamp was een gevolg van een defect apparaat op propaangas. De molecuulformule van propaangas is  $C_3H_8(g)$ .

a Geef de reactievergelijking van de volledige verbranding van propaangas.



b Bij de onvolledige verbranding ontstaan koolstofmono-oxide en water.

Geef de reactievergelijking van de onvolledige verbranding van propaangas.



c Bij welke reactie is, per molecuul propaan, de meeste zuurstof nodig? Leg uit.

*Bij de volledige verbranding van propaan heb je, per molecuul propaan, 5 moleculen zuurstof nodig. Voor 2 moleculen propaan zijn dus 10 moleculen zuurstof nodig.*

*Voor de onvolledige verbranding heb je 7 moleculen zuurstof nodig om 2 moleculen propaan te verbranden.*

*Voor een volledige verbranding is dus de meeste zuurstof nodig.*

d Wat is er zo gevaarlijk aan de onvolledige verbranding van propaangas?

*Er ontstaat een zeer giftig gas,  $CO(g)$ , dat niet waarneembaar is.*

45 Als een dieselauto wordt gestart, zie je soms een zwarte rookpluim uit de uitlaat komen.

a Geef de naam en de formule van die zwarte stof.

*naam: roet*

*formule: C*

b Wordt er voldoende zuurstof toegevoerd aan de motor van een startende dieselauto? Leg je antwoord uit.

*Er wordt te weinig zuurstof (lucht) toegevoerd. Roet kan alleen ontstaan als er een onvolledige verbranding optreedt.*

### Steekvlam bij ontkolen uitlaat

NIJMEGEN – Twee jeugdige Nijmegenaren kwamen met de schrik vrij toen zij een uitlaat van een scooter aan het ontkolen waren en er plotseling een grote steekvlam ontstond. Een van de jongens was op het onzalige idee gekomen om de uitlaat met benzine te reinigen, "omdat dat vlugger zou gaan".

#### ▲ figuur 9

Zo moet het absoluut niet.

46 Lees het artikel van figuur 9.

Beantwoord daarna de volgende vragen.

'Ontkolen' is het verwijderen van koolstof die aan de binnenkant van de uitlaat zit.

a Hoe kan het dat er koolstof aan de binnenkant van de uitlaat terecht komt?

*Bij de onvolledige verbranding van benzine ontstaat koolstof.*

**b** Een steekvlam kan alleen ontstaan als de temperatuur hoog genoeg is. Het ontkolen vindt plaats door met een brander de uitlaat sterk te verhitten.

Leg uit dat er verhitting nodig is om een steekvlam te krijgen.

*Benzine ontbrandt niet uit zichzelf. De benzine moet eerst op de ontbrandingstemperatuur zijn gebracht.*

**c** Wat is er behalve benzine en verhitten nog meer nodig om een steekvlam te krijgen?  
*zuurstof (lucht)*

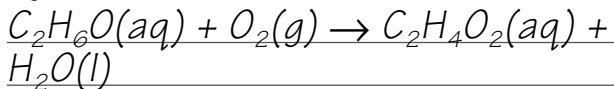
**47** Bij verzuring van wijn reageert de alcohol,  $C_2H_6O(aq)$ , uit de wijn met zuurstof tot azijnzuur,  $C_2H_4O_2(aq)$ . Tevens ontstaat er water bij deze reactie.

**a** Geef de formules van zuurstof en water.

– zuurstof:  $O_2(g)$

– water:  $H_2O(l)$

**b** Geef de reactievergelijking voor het verzuren van wijn.



**c** Is dit een verbrandingsreactie? Licht je antwoord toe.

*Ja, want het is een reactie met zuurstof.*

**48** Je moet elke dag eten om voldoende energie binnen te krijgen. In je lichaam wordt voedsel 'verbrand'.

**a** Bedenk twee proefjes waarmee je kunt bewijzen dat bij de 'verbranding' in je lichaam ook koolstofdioxide en waterdamp ontstaan.

*Proef 1: Blaas met een rietje door kalkwater. Dit wordt na korte tijd troebel. Er is dus koolstofdioxide ontstaan.*

*Proef 2: Adem tegen een koud voorwerp (bijvoorbeeld een glas of een spiegel). Je ziet dan condensvorming.*

**b** Waarom staat 'verbranding' tussen aanhalingstekens?

*Er ontstaan bij verbranding in je lichaam geen vuurverschijnselen. De verbranding in je lichaam vindt bij 38 °C plaats.*

## Plus Ondergrondse kolenvergassing

**49** In Nederland is steenkool in de bodem aanwezig.

**a** Waar in Nederland liggen steenkoollagen?

*voornamelijk in Zuid- en Midden-Limburg en in de Achterhoek*

**b** Waarom kan deze steenkool niet via mijnbouw worden gewonnen?

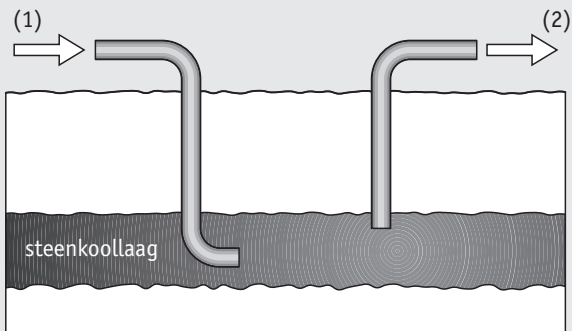
*Ontginning via de klassieke mijnbouw is veel te duur.*

**c** Bekijk figuur 10. Bij de twee pijlen moet nog iets ingevuld worden.

Wat moet er bij (1) en bij (2) worden ingevuld?

– bij (1): *lucht en stoom*

– bij (2): *mengsel van brandbare gassen*



▲ **figuur 10**  
ondergrondse kolenvergassing

50 Bij kolenvergassing treedt een reactie op.

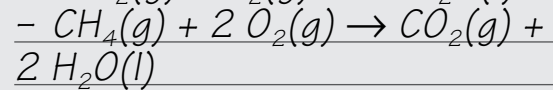
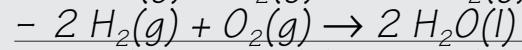
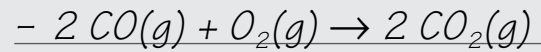
a Hoe weet je dat er een chemische reactie is opgetreden?

*Er verdwijnen stoffen (steenkool en lucht) en er ontstaan nieuwe stoffen (koolstofmono-oxide, waterstof en methaan).*

b Elk van de stoffen die uit de steenkoollaag vrijkomt, kan als brandstof worden gebruikt. Welke stoffen komen er vrij uit de steenkoollaag? Geef zowel naam als formule.

- *koolstofmono-oxide,  $CO(g)$*
- *waterstof,  $H_2(g)$*
- *methaan,  $CH_4(g)$*

c Geef van elk van de stoffen de reactievergelijking die optreedt als de betreffende stof volledig verbrandt.



# 4 Versterkt broeikaseffect

## Leerstof

51 Naast het natuurlijke broeikaseffect bestaat ook het versterkte broeikaseffect.

a Welke stof levert de grootste bijdrage aan het natuurlijke broeikaseffect?

*water*

b Welke stof levert de grootste bijdrage aan het versterkte broeikaseffect?

*koolstofdioxide*

52 In de atmosfeer bevinden zich broeikasgassen.

a Noem twee broeikasgassen.

*water en koolstofdioxide*

b Noem een eigenschap van broeikasgassen.

*Broeikasgassen kunnen infrarode straling (warmte) absorberen.*

53 De broeikasgassen die van nature in de atmosfeer zitten, dragen bij aan het natuurlijke broeikaseffect.

a Welk effect hebben deze gassen op de temperatuur?

*De gassen zorgen ervoor dat de temperatuur op aarde, gemiddeld, 30 graden hoger is.*

b Waarom zijn broeikasgassen in de atmosfeer noodzakelijk?

*Zonder broeikasgassen zou het te koud zijn op aarde. De huidige planten, dieren en mensen zouden er dan niet op kunnen leven.*

54 Noem vier menselijke activiteiten waarbij brandstoffen worden gebruikt.

*– verwarmen van huizen*

*– rijden met auto's en brommers*

*– opwekken van elektrische energie*

*– reizen in vliegtuigen*

## Toepassing

55 Tomaten en augurken worden in een broeikas gekweekt. In een broeikas is het, als de zon schijnt, veel warmer dan buiten de broeikas.

Hoe komt dat?

*De zonnestralen gaan door het glas de kas in en verwarmen daar de planten en de grond. Omdat de warmte de kas niet uit kan, wordt het in de kas warm.*

56 Water levert de grootste bijdrage aan het natuurlijke broeikaseffect.

a In welke fase bevindt dit water zich?

*Het water bevindt zich in de lucht en dus in de gasvormige fase.*

b Hoe komt dat water voornamelijk in de atmosfeer terecht? *door verdamping uit rivieren en oceanen*

+57 Bij het verbranden van benzine en aardgas komt water vrij. Dat water draagt nauwelijks bij aan het versterkt broeikaseffect. Leg uit waarom.

*Door het verbranden van benzine komt er geen extra water in de atmosfeer. Er zit namelijk al veel water in de atmosfeer, doordat er grote hoeveelheden water verdampen uit rivieren en de zee.*

58 Noem enkele nadelen van het versterkte broeikaseffect.

*Er ontstaan gemakkelijker tropische orkanen. Deze orkanen zijn, gemiddeld, krachtiger. Er ontstaan meer extreem zware regenbuien.*

+59 Lachgas ( $N_2O$ ) houdt warmte 13 keer beter vast dan methaan ( $CH_4$ ). De concentratie lachgas in de atmosfeer is ongeveer 320 ppm (parts per million, deeltjes per miljoen); de concentratie methaan is 1800 ppm.

Welk van deze twee gassen houdt de meeste warmte vast in de atmosfeer?

*De concentratie lachgas is ongeveer 5,6 (1800 / 320) keer*



*zo klein als de concentratie methaan. Omdat lachgas de warmte 13 keer beter vasthoudt dan methaan, houdt lachgas de meeste warmte vast in de atmosfeer.*

60 Noem drie dingen die je zou kunnen doen om het versterkte broeikaseffect te verminderen.

*– minder lang douchen of  
minder vaak in bad  
– de verwarming lager zetten  
– in plaats van met de scooter met de fiets of te voet gaan  
– energiezuinige apparaten, bijvoorbeeld spaarlampen, gebruiken*

+61 In elektrische auto's zit geen benzinemotor maar een elektromotor. Omdat deze geen benzine maar elektrische energie gebruikt, denkt Ayoub dat de elektrische auto's niet bijdragen aan het versterkte broeikaseffect.

a Bedenk een reden waarom Ayoub gelijk zou kunnen hebben.

*Elektrische auto's produceren geen koolstofdioxide.*

b Bedenk een reden waarom Ayoub ongelijk zou kunnen hebben.

*Voor het opwekken van elektriciteit worden brandstoffen verbrand. Hierbij komt koolstofdioxide vrij.*

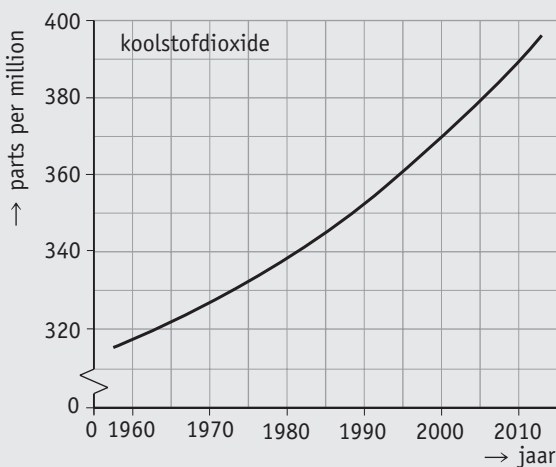
## Plus Aardgas is een broeikasgas

62 Bekijk figuur 11 en 12.

a Vergelijk de concentratie methaan in lucht met de concentratie koolstofdioxide.

Wat valt je op?

*De concentratie methaan is veel kleiner dan die van koolstofdioxide.*

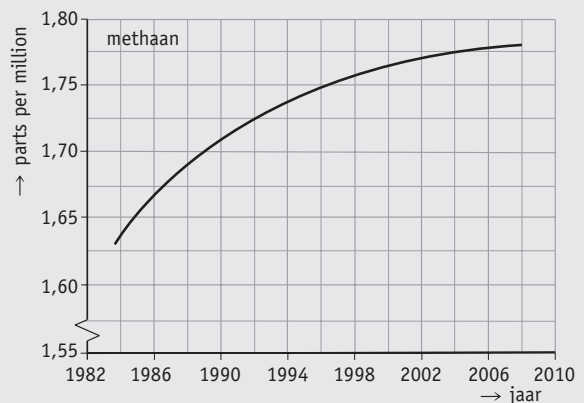


▲ figuur 11

het CO<sub>2</sub>-percentage in de atmosfeer vanaf 1960

b Waarom levert methaan toch een grote bijdrage aan het (versterkte) broeikaseffect?

*Methaan absorbeert de warmte beter dan koolstofdioxide.*



▲ figuur 12

de concentratie methaan in de atmosfeer

63 Het methaan dat vrijkomt bij het rotten van bijvoorbeeld huishoudelijk afval, kun je opvangen en verbranden. Bij die verbranding ontstaat het broeikasgas koolstofdioxide.

Wordt het broeikaseffect versterkt door het verbranden van methaan of juist niet? Leg uit.

*Bij het verbranden van één molecuul methaan verdwijnt het molecuul methaan en ontstaat er één molecuul koolstofdioxide.*

*Omdat methaan warmte beter absorbeert dan koolstofdioxide, wordt het broeikaseffect dus minder.*

*Er ontstaan ook twee moleculen water bij de verbranding, maar water draagt niet bij aan het versterkte broeikaseffect.*

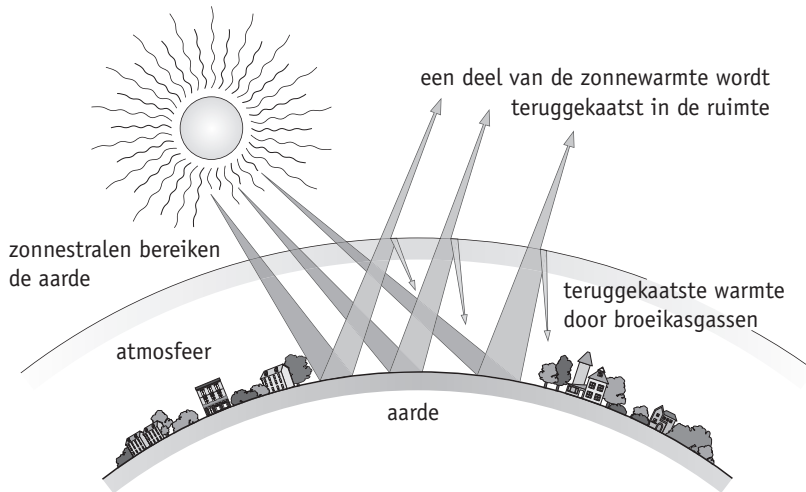
# 5 Luchtvervuiling

## Leerstof

- 64 Welke schadelijke gassen kunnen vrijkomen bij de verbranding van fossiele brandstoffen?  
*zwaveldioxide, stikstofdioxiden en koolstofdioxide*
- 65 Sommige stoffen in de atmosfeer veroorzaken zure regen.
- a Welke stoffen zitten er in zure regen?  
*zwavelzuur en salpeterzuur*
- b Hoe wordt zure regen gevormd?  
*Zwaveldioxide en stikstofdioxiden kunnen reageren met zuurstof en water uit de lucht. Hierbij ontstaat zwavelzuur en salpeterzuur.*
- c Wat zijn de gevolgen van zure regen?  
*Zure regen verzuurt het milieu en tast kalksteengebouwen aan.*
- 66 Het is belangrijk voor het milieu om de uitstoot van vervuilende stoffen tegen te gaan. Welke maatregelen moeten er worden genomen om de uitstoot van milieuvervuilende stoffen tegen te gaan? Verdeel je antwoord in twee groepen. Zet in één groep steeds het woord 'minder' in je antwoord en in de andere groep steeds het woord 'meer'.
- minder: minder brandstoffen gebruiken, minder autorijden, minder vervuilende brandstoffen gebruiken, minder vliegen*  
*meer: meer biobrandstoffen gebruiken, meer gebruikmaken van energiebronnen zoals zonne-energie en windenergie*
- 67 Biobrandstof is een duurzame brandstof.
- a Wat zijn biobrandstoffen?  
*Biobrandstoffen zijn brandstoffen van plantaardige oorsprong. Ze zijn hernieuwbaar.*
- b Welke voordelen hebben biobrandstoffen boven fossiele brandstoffen zoals benzine?  
*Bij de verbranding van biobrandstoffen ontstaat geen extra koolstofdioxide. Biobrandstoffen zijn in tegenstelling tot fossiele brandstoffen hernieuwbare grondstoffen.*

## Toepassing

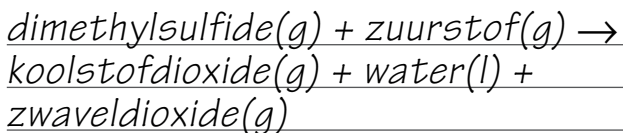
- 68 Dimethylsulfide,  $C_2H_6S(g)$ , is een stof die zwavel bevat. Bij verbranding ontstaan koolstofdioxide, water en zwaveldioxide. Uitstoot van koolstofdioxide kan het broeikaseffect versterken (figuur 13).
- a Wat is het broeikaseffect?  
*Het broeikaseffect is het effect dat – door de aarde uitgezonden – warmtestraling deels wordt tegengehouden, zodat de temperatuur op aarde redelijk stabiel blijft.*
- b Wat kan het gevolg zijn van het versterkte broeikaseffect?  
*De gemiddelde temperatuur op aarde kan gaan stijgen.*



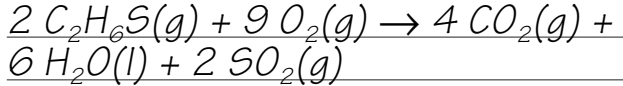
▲ **figuur 13**  
het broeikaseffect

**c** Geef het reactieschema en de reactievergelijking voor de verbranding van dimethylsulfide.

– reactieschema:



– reactievergelijking:

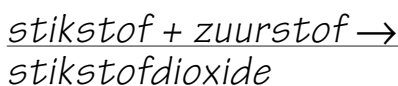


**69** Stikstofoxiden ontstaan als de temperatuur tijdens de verbranding heel hoog is. Stikstof is altijd aanwezig, omdat bij een verbranding lucht wordt gebruikt.

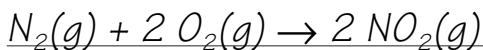
**a** Geef de namen van de twee belangrijkste gasen in lucht.

*Lucht bestaat voornamelijk uit stikstof en zuurstof.*

**b** Geef het reactieschema voor de vorming van stikstofdioxide.



**c** Geef de reactievergelijking voor de vorming van stikstofdioxide.



**d** Wat is het gevolg van het ontstaan van stikstofoxiden?

*Stikstofoxiden veroorzaken zure regen.*

**70** Lees het artikel van figuur 14.

Beantwoord daarna de volgende vragen.

**a** Waarom zal een rookgasreiniger nodig zijn bij de verbranding van slib?

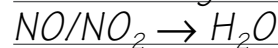
*Er ontstaan milieuvervuilende stoffen (stikstofoxiden) bij de verbranding van slib.*

**b** Hoogovens Technical Services heeft, volgens de tekst, een onmogelijke reactie toch mogelijk gemaakt.

Welke onmogelijke reactie staat er beschreven in de tekst?

**Tip: schrijf de genoemde stoffen in formules op. Volgens de deeltjestheorie van de atomen klopt er dan iets niet.**

*Er staat dat stikstofoxiden worden omgezet in waterdamp:*



*Stikstofoxiden bevatten stikstof, water niet. Water bevat waterstof, stikstofoxiden niet.*

*Atomen blijven echter behouden, dus dit is een onmogelijke reactie.*

### Rookgasreiniger slibverbranding

Hoogovens Technical Services heeft een rookgasreiniger ontwikkeld voor de verbranding van rioolzuiveringsslib. De installatie zet stikstofoxiden om in waterdamp.

▲ **figuur 14** rookgasreiniger

c Wat wel mogelijk is, en dat zal hier ook bedoeld zijn, is de reactie van ammoniakgas ( $\text{NH}_3$ ) met stikstofmono-oxide. Hierbij ontstaan stikstof en water.

Schrijf het reactieschema op en zet de reactievergelijking eronder.

– reactieschema:

ammoniak + stikstofmono-oxide  $\rightarrow$   
stikstof + water

– reactievergelijking:

$4 \text{NH}_3(g) + 6 \text{NO}(g) \rightarrow 5 \text{N}_2(g) +$   
 $6 \text{H}_2\text{O}(l)$

d Is dan het probleem van de rookgassen opgelost? Licht je antwoord toe.

Ja, want de ontstane stoffen zijn  
niet meer gevaarlijk. Opmerking:  
het is echter wel de vraag of  
alle vervuilende stoffen uit de  
rookgassen zijn verwijderd.

71 De hoeveelheid  $\text{CO}_2$  in de lucht staat in ppm uitgedrukt. Parts per million is het aantal deeltjes  $\text{CO}_2$  per miljoen deeltjes lucht. Dat betekent dat 200 ppm  $\text{CO}_2$  hetzelfde is als 0,02 volume%  $\text{CO}_2$ .

a Toon in een rekenvoorbeeld aan dat 200 ppm hetzelfde is als 0,02 volume%.

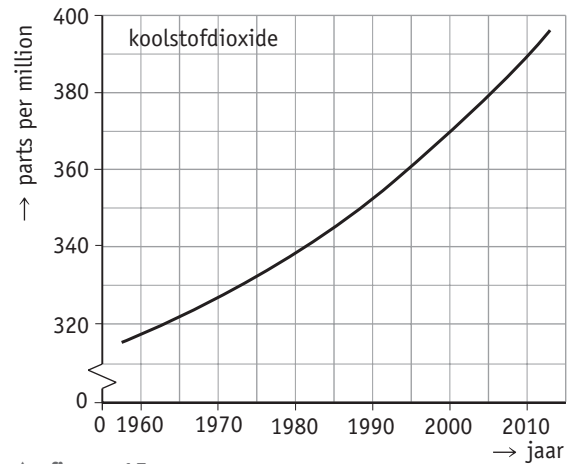
In iedere miljoen deeltjes lucht  
zitten 200 deeltjes  $\text{CO}_2$ .  
 $(200 / 1\,000\,000) \times 100\% =$   
0,02 volume%

b Bekijk figuur 15. Zoek in de grafiek op wat de hoeveelheid  $\text{CO}_2$  in de lucht was in de jaren 1960, 1980, 2000 en 2010.

- 1960: 316 ppm
- 1980: 338 ppm
- 2000: 370 ppm
- 2010: 390 ppm

c Met hoeveel procent is de koolstofdioxideconcentratie toegenomen tussen 1960 en 2010?

$(390 / 316) \times 100\% = 123\%$   
De koolstofdioxideconcentratie is  
dus toegenomen met:  $123 - 100$   
 $= 23\%$



▲ figuur 15  
het  $\text{CO}_2$ -percentage in de atmosfeer vanaf 1960

d Maak een schatting van de hoeveelheid  $\text{CO}_2$  in de lucht in het jaar 2015. Gebruik daarbij de grafiek van figuur 15 en leg uit hoe je aan je geschatte waarde komt.

In 2015 zal dat ongeveer 400 ppm  
zijn. Je moet de lijn zo goed  
mogelijk naar boven doortrekken.

e Wat is het gevolg van de toename van de hoeveelheid  $\text{CO}_2$  in de lucht?

Meer  $\text{CO}_2$  in de lucht betekent  
dat meer warmtestraling (die  
de aarde uitzendt) wordt  
tegengehouden. Een gevolg  
kan zijn dat de gemiddelde  
temperatuur op aarde stijgt: het  
versterkte broeikaseffect.

72 In auto's die op koolzaadolie rijden, zit een sterkere brandstofpomp dan in auto's die op diesel rijden.

Waarom is dat nodig?

Koolzaadolie is stroperiger dan  
diesel en stroomt moeilijker  
door de brandstofleidingen.  
Om koolzaadolie in de motor te  
pompen, is dus een sterkere pomp  
nodig dan bij diesel.

**+73** Henk zegt: "Bij de verbranding van biobrandstoffen komt net zo veel  $\text{CO}_2$  vrij als bij de verbranding van gewone brandstoffen."

Marc zegt: "Het verbranden van biobrandstoffen draagt niet bij aan het versterkte broeikas-effect; het verbranden van gewone brandstoffen wel."

**a** Leg uit dat Henk gelijk heeft.

*Het verbranden van een molecuul brandstof verloopt altijd via dezelfde reactievergelijking. Het maakt niet uit waar de brandstof vandaan komt: er komt dus altijd evenveel  $\text{CO}_2$  vrij bij het verbranden.*

**b** Leg uit dat Marc ook gelijk heeft.

*Om de biobrandstoffen te maken, halen planten  $\text{CO}_2$  uit de lucht. Bij het verbranden komt deze  $\text{CO}_2$  weer in de lucht terecht, maar er is geen extra  $\text{CO}_2$  bijgekomen. Daarom draagt het verbranden van biobrandstoffen niet bij aan het versterkte broeikas-effect. Als je gewone brandstoffen verbrandt, komt er extra  $\text{CO}_2$  in de lucht. Dat draagt dus wel bij aan het versterkte broeikas-effect.*

**+74** Om dieselmotoren minder schadelijke stoffen uit te laten stoten, kun je de stof AdBlue gebruiken. AdBlue zorgt ervoor dat de hoeveelheid stikstofoxiden in het uitlaatgas sterk vermindert.

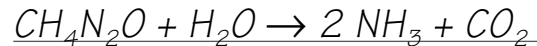
**a** AdBlue vermindert de aantasting van kalksteenbeelden.

Hoe komt dat?

*Adblue vermindert de hoeveelheid stikstofoxiden in het uitlaatgas. Hierdoor ontstaat er minder zure regen die kalksteenbeelden aantast.*

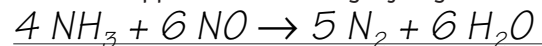
**b** Het verminderen van stikstofoxiden gebeurt in twee stappen. In de eerste stap reageert ureum ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ ) met water. Hierbij worden ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) en koolstofdioxide gevormd.

Geef de kloppende reactievergelijking.



**c** In de tweede stap reageert ammoniak met bijvoorbeeld stikstofmono-oxide ( $\text{NO}$ ). Hierbij worden stikstof en water gevormd.

Geef de kloppende reactievergelijking.



## Plus Smog

**75** Je komt namen tegen als ozon, zwaveldioxide en stikstofoxiden die in combinatie smog kunnen veroorzaken.

**a** Waar komt de naam smog vandaan en hoe is de naam ontstaan?

*Smog is een samenstelling van de Engelse woorden smoke (rook) en fog (mist).*

**b** Geef de formule van ozon en zwaveldioxide.

– ozon:  $\text{O}_3(\text{g})$

– zwaveldioxide:  $\text{SO}_2(\text{g})$

**76** Smog is gevaarlijk voor de gezondheid.

**a** Wat is zomersmog? Leg duidelijk uit hoe zomersmog ontstaat.

*Zomersmog ontstaat als het een tijdje zonnig weer is en er niet te veel wind staat. Stikstofoxiden en koolwaterstoffen in de vervuilde lucht reageren dan met elkaar. Door zonlicht ontstaat dan ook ozon.*

**b** Waarom is de ozonconcentratie in de middag en aan het begin van de avond het hoogst?

*Dan heeft de zon het langst kunnen inwerken op de vervuilende stoffen in de atmosfeer. Eerst moeten stikstofoxiden en koolwaterstoffen uitgestoten zijn.*

# Practicum

## Proef 1 Ontbrandingstemperatuur van papier 20 min.

### Inleiding

Papier brandt goed. Maar weet jij bij welke temperatuur papier gaat branden?

### Doel

Je gaat bepalen of papier bij een temperatuur onder 100 °C gaat branden.

### Nodig

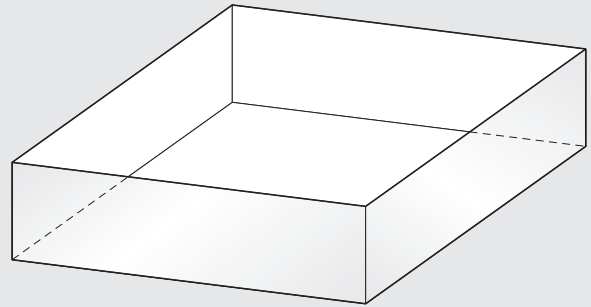
- stevig papier
- nietmachine
- brander, driepoot en gaasje
- kraanwater
- thermometer

### Vorbereiden

- Trek een labjas aan en doe die dicht.
- Zet je veiligheidsbril op.

### Uitvoeren

- Vouw van stevig papier een bakje (figuur 16). Zorg ervoor dat de randen aan elkaar vastgeniet zijn.
- Zet het bakje op de driepoot met het gaasje.
- Vul het bakje voorzichtig met kraanwater totdat het bakje gevuld is tot 1 centimeter hoogte.
- Verwarm het bakje met de brander. Gebruik een niet al te grote vlam.
- Meet elke 5 seconden de temperatuur van het water.



▲ **figuur 16**  
het papieren bakje van proef 1

### Uitwerken

1 Noteer je waarnemingen.

---



---



---

2 Wat is de hoogste temperatuur die het water bereikt?

---

3 Gaat bij die temperatuur het papieren bakje al branden?

---

4 Wat kun je zeggen van de ontbrandingstemperatuur van papier?

---

5 Op welke manier heb je warm water gemaakt? Gebruik in je antwoord de termen 'verbranding' en 'warmte'.

---



---



---



---



---

**Proef 2 Verbranden van magnesium** 15 min.**Inleiding**

Magnesium zit soms in vuurwerk. Waarom doet men dat?

**Doel**

Je gaat na hoe je magnesium kunt laten branden en wat je daarbij waarneemt.

**Nodig**

- reageerbuis
- reageerbuisknijper
- magnesiumlint
- kroezentang
- tegeltje om warme voorwerpen op te leggen
- brander
- lucifers

**Vorbereiden**

- Trek een labjas aan en doe die dicht.
- Zet je veiligheidsbril op.

**Uitvoeren**

- Doe een stukje magnesiumlint in een reageerbuis.
- Steek de brander aan en maak een ruisende blauwe vlam.
- Verhit de reageerbuis met het stukje magnesiumlint korte tijd in de blauwe vlam.

**Uitwerken**

**1** Noteer wat je ziet.

---



---



---

**2** Is er een chemische reactie opgetreden?  
**ja / nee**

**Uitvoeren**

- Pak het stukje magnesiumlint met een kroezentang vast.
- Houd het stukje magnesiumlint in een ruisende vlam.
- Als er iets gebeurt, haal je het stukje magnesium met de kroezentang uit de vlam (figuur 17).



▲ **figuur 17**

Haal met de kroezentang het stukje magnesium uit de vlam.

- Houd het brandende magnesium boven het tegeltje.
- Kijk niet rechtstreeks in de vlam van het brandende magnesium.

**Uitwerken**

**3** Wat zie je?

---



---



---

**4** Is er een chemische reactie opgetreden?  
**ja / nee**

**5** Hoe zag het stukje magnesiumlint er voor de proef uit?

---



---

**6** Is er een verbranding opgetreden?  
**ja / nee**

**7** Schrijf het reactieschema in woorden op.

---



---

**8** Stel de reactievergelijking op. De formule van magnesiumoxide is  $MgO(s)$ .

---



---



**Proef 3 Demonstratieproef: blussen van een benzinebrand** 25 min.**Inleiding**

Een benzinebrand is niet welkom. Kun je een benzinebrand blussen met water?

**Doel**

Je gaat ontdekken hoe je een benzinebrand nooit mag blussen en hoe je een benzinebrand wel kunt blussen.

**Nodig**

- wasbenzine
- watten
- bekeerglas om benzine in te doen
- kroezentang
- fles met demiwater
- grote glazen bak
- deksel voor grote glazen bak
- lucifers of aansteker

**Vorbereiden**

- Trek een labjas aan en doe die dicht.
- Zet je veiligheidsbril op.
- Zet een grote bak klaar met bijpassend deksel.
- Vul een bekeerglas met een beetje wasbenzine.
- Leg de kroezentang en een watje klaar.

**Uitvoeren**

Deze proef doe je niet zelf! De proef wordt gedemonstreerd door je docent en/of TOA.

- Pak het watje met de kroezentang vast en doop het watje in de wasbenzine.
- Laat het watje uitdruipen en houd het watje dan boven de grote glazen bak.
- Steek het watje aan en probeer de brand te blussen met water uit de spuitfles (figuur 18).
- Laat daarna het watje in de bak vallen en sluit de bak af met het deksel.

**Uitwerken**

- 1 Wat zie je als je het brandende watje met water probeert te blussen?

---



---



---



▲ **figuur 18**

Je kunt een benzinebrand niet blussen met water.

- 2 Waarom lukt het blussen met water niet?

---



---



---

- 3 Wat zie je als je het deksel op de grote glazen bak doet?

---



---



---

- 4 Wat heb je bereikt door het afsluiten? Welke voorwaarde voor een brand heb je weggenomen?

---



---



---



---



---

**Proef 4 Demonstratieproef: blussen van brandend vet** 15 min.**Inleiding**

Vlam in de pan! Dat moet je zien te voorkomen.

**Doel**

Je gaat ontdekken hoe je brandend vet nooit mag blussen en hoe je brandend vet wel kunt blussen.

**Nodig**

- porseleinen schaalpje met kaarsvet
- brander
- driepoot met gaasje
- zuurkast
- injectiespuit met een klein beetje water
- afdekplaatje
- lucifers of aansteker

**Vorbereiden**

- Trek een labjas aan en doe die dicht.
- Zet je veiligheidsbril op.

**Uitvoeren**

Deze proef doe je niet zelf! De proef wordt gedemonstreerd door je docent en/of TOA.

- Verwarm het schaalpje met kaarsvet in de zuurkast.
- Zorg ervoor dat het beschermraam van de zuurkast omlaag staat.
- Als er voldoende walm vrijkomt, steek dan de walm aan.
- Zet de brander uit.
- Spuit het kleine beetje water in het brandende kaarsvet (figuur 19).
- Sluit daarna het schaalpje met de afdekschaal af.



▲ **figuur 19**

Als je brandend vet blust met water, maak je het alleen maar erger!

**Uitwerken**

- 1** Schrijf op wat je ziet als het kleine beetje water in het brandende kaarsvet wordt gespoten.

---



---



---

- 2** Waarom moet je brandend vet niet met water blussen?

---



---



---

- 3** Hoe moet je brandend vet dan blussen?

---



---



---

- 4** Welke van de drie voorwaarden voor het blussen van een brand schakel je dan uit?

---



---



---

**Proef 5 Verbranding van aardgas en aantonen van reactieproducten** 20 min.**Inleiding**

Bij een reactie komen er stoffen vrij. Die stoffen kun je aantonen.

**Doel**

Je gaat na welke stoffen ontstaan bij de verbranding van aardgas.

**Nodig**

- brander
- bekeerglas
- erlenmeyer
- kalkwater
- stop om erlenmeyer af te sluiten
- lucifers

**Vorbereiden**

- Trek een labjas aan en doe die dicht.
- Zet je veiligheidsbril op.

**Uitvoeren**

- Zorg ervoor dat je een koud bekeerglas hebt.
- Steek de brander met een kleine (stille) blauwe vlam aan.
- Houd het koude bekeerglas twee tellen op zijn kop boven de kleine blauwe vlam van de brander.
- Haal het bekeerglas snel uit de vlam.

**Uitwerken**

1 Wat zie je aan de binnenkant van het bekeerglas?

---



---



---

2 Welke stof heb je aangetoond?

---



---



---



▲ **figuur 20**

Welke stof ontstaat er?

**Uitvoeren**

- Houd de erlenmeyer vijf tellen of meer op zijn kop boven de vlam (figuur 20). Pas op dat je je niet brandt!
- Haal de erlenmeyer uit de vlam en giet er een scheut kalkwater in.
- Doe de stop erop en schud.

**Uitwerken**

3 Wat zie je aan het kalkwater?

---



---



---

4 Welke stof heb je aangetoond?

---



---



---

5 Geef de reactievergelijking van de verbranding van aardgas. Schrijf eerst het reactieschema in woorden op.

---



---



---



---



---

**Proef 6 Aantonen van zwaveldioxide** 15 min.**Inleiding**

Zwaveldioxide veroorzaakt zure regen. Hoe kun je dat bewijzen?

**Doel**

Je gaat leren hoe je zwaveldioxide kunt aantonen.

**Nodig**

- reageerbuisrekje met reageerbuizen
- rodekoolsap
- azijn
- zwaveldioxideoplossing

**Vorbereiden**

- Trek een labjas aan en doe die dicht.
- Zet je veiligheidsbril op.
- Vul twee reageerbuizen voor een kwart met rodekoolsap.
- Zet het flesje met azijn en het flesje met zwaveldioxideoplossing klaar.

**Uitvoeren**

- Eerst moet je weten wat er gebeurt als een zure oplossing bij rodekoolsap wordt gedaan.
- Voeg een scheut azijn toe aan rodekoolsap.

**Uitwerken**

- 1 Welke kleur had het rodekoolsap?  
\_\_\_\_\_
- 2 Welke kleur krijgt het rodekoolsap na toevoeging van de azijn?  
\_\_\_\_\_

**Uitvoeren**

- Voeg een scheut zwaveldioxideoplossing toe aan de tweede reageerbuis met rodekoolsap.

**Uitwerken**

- 3 Welke kleur krijgt het rodekoolsap?  
\_\_\_\_\_
- 4 Welke eigenschap ken je nu van een zwaveldioxideoplossing?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- 5 Wat voor regen krijg je als zwaveldioxide in de atmosfeer terechtkomt? Wat kunnen dan de gevolgen zijn?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

# Test Jezelf

- 1 Hoe heet het oxide dat ontstaat bij verbranding van het metaal barium?  
bariumoxide
- 2 Witte fosfor kan in je broekzak in brand vliegen. Hoe is dat mogelijk?
- A In je broekzak is zuurstof aanwezig.  
 B Witte fosfor is een brandbare stof.  
 C Witte fosfor ontleedt erg gemakkelijk.  
 D Witte fosfor heeft een ontbrandingstemperatuur van 30 °C.
- 3 Bekijk de volgende beweringen:
- I In vuurwerk vindt een verbrandingsreactie plaats.  
II De brandende lont brengt het kruit in vuurwerk boven zijn ontbrandingstemperatuur.  
Welke bewering(en) is (zijn) juist?
- A Alleen bewering I is juist.  
 B Alleen bewering II is juist.  
 C Beweringen I en II zijn juist.  
 D Beweringen I en II zijn niet juist.
- 4 Je kunt niet alle branden blussen met water. Welke brand kun je niet blussen met water?
- A brandend plastic  
 B brandend papier  
 C brandend hout  
 D brandend vet
- 5 Brandende benzine kun je niet blussen met water. Hoe kun je brandende benzine blussen?  
Bekijk de volgende beweringen:
- I Je kunt brandende benzine blussen met een schuimblusser.  
II Je kunt brandende benzine blussen door het af te dekken met doeken.  
Welke bewering(en) is (zijn) juist?
- A Alleen bewering I is juist.  
 B Alleen bewering II is juist.  
 C Beweringen I en II zijn juist.  
 D Beweringen I en II zijn niet juist.
- 6 Op school vind je vaak branddeuren. Deze sluiten automatisch als er brand is.  
Welke voorwaarde voor brand neemt een branddeur weg?
- A De branddeur haalt de brandstof weg.  
 B De branddeur blokkeert de toevoer van zuurstof.  
 C De branddeur koelt de brandstof tot onder zijn ontbrandingstemperatuur.  
 D Zowel antwoord B als C is goed.
- 7 Vul in:  
Koolstofmono-oxide ontstaat als er onvoldoende toevoer van lucht of zuurstof is.
- 8 Hoe kun je water aantonen in verbrandingsgassen? Je leidt de verbrandingsgassen:
- A door kalkwater dat dan troebel wordt.  
 B door kalkwater dat dan helder wordt.  
 C over een koud voorwerp dat dan beslaat (condensvorming).  
 D door rodekoolsap dat dan blauw kleurt.
- 9 De reactievergelijking voor de onvolledige verbranding van ethaan (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) is:
- A C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>(g) → 2 C(s) + 3 H<sub>2</sub>(g).  
 B 2 C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>(g) + 5 O<sub>2</sub>(g) → 4 CO(g) + 6 H<sub>2</sub>O(l).  
 C 2 C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>(g) + 7 O<sub>2</sub>(g) → 4 CO<sub>2</sub>(g) + 6 H<sub>2</sub>O(l).  
 D C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>(g) + 2 O<sub>2</sub>(g) → 2 CO<sub>2</sub>(g) + 3 H<sub>2</sub>O(l).
- 10 Op welke manier kunnen er broeikasgassen in de lucht terecht komen?
- A door het verbranden van benzine  
 B door het rotten van planten  
 C door het verbranden van aardgas  
 D Zowel A, B als C zijn goed.
- 11 Bekijk de volgende beweringen:
- I Lachgas houdt de warmte 310 keer beter vast dan koolstofdioxide.  
II Lachgas levert een grotere bijdrage aan het broeikaseffect dan koolstofdioxide.  
Welke bewering(en) is (zijn) juist?
- A Alleen bewering I is juist.  
 B Alleen bewering II is juist.  
 C Beweringen I en II zijn juist.  
 D Beweringen I en II zijn niet juist.

- 12 Zwaveldioxide is een schadelijk gas.  
Waarom is zwaveldioxide schadelijk?
- A Zwaveldioxide veroorzaakt een versterkt broeikaseffect.
- B Zwaveldioxide zorgt voor opwarming van de aarde.
- C Zwaveldioxide zorgt voor vorming van ozon.
- D Zwaveldioxide zorgt voor verzuring van het milieu.

- 13 Stikstofoxiden zijn schadelijk voor het milieu.  
Wanneer ontstaan stikstofoxiden?
- A als zuivere zuurstof wordt gebruikt bij de verbranding
- B bij hoge verbrandingstemperaturen in een automotor
- C in de uitlaat van een auto
- D als de brandstof zuurstof bevat

- 14 Bekijk de volgende beweringen:
- I Bij het verbranden van biogassen komt koolstofdioxide vrij.
- II Het verbranden van biobrandstoffen levert *geen* bijdrage aan het versterkte broeikaseffect.
- Welke bewering(en) is (zijn) juist?
- A Alleen bewering I is juist.
- B Alleen bewering II is juist.
- C Beweringen I en II zijn juist.
- D Beweringen I en II zijn niet juist.

- 15 Je kunt een verbrandingsreactie aangeven met een algemeen schema.  
Wat is het algemene schema voor een verbrandingsreactie?
- A organische stof + zuurstof → verbrandingsproducten
- B brandstof + zuurstof → verbrandingsproducten
- C organische stof → koolstof + water + brandbare gassen
- D koolstofdioxide + water → glucose + zuurstof

- 16 Voor een brand moet aan drie voorwaarden zijn voldaan. Deze drie voorwaarden kunnen in een zogenoemde branddriehoek worden weergegeven (figuur 21).



▲ figuur 21  
de branddriehoek

- a In figuur 21 is één voorwaarde in de branddriehoek opgenomen, namelijk zuurstof. Geef de twee andere voorwaarden.

*Er moet een brandstof aanwezig zijn.*

*De temperatuur moet boven de ontbrandingstemperatuur van de brandstof liggen.*

- b Bij een brand treedt vaak onvolledige verbranding op. Dat is te zien aan de gele kleur van de vlammen.

Welk verbrandingsproduct veroorzaakt deze kleur?  
*koolstof (roet)*

- c Vlammen zijn verschijnselen die zich bij een brand kunnen voordoen.

Geef nog twee verschijnselen die zich bij een brand kunnen voordoen.

*rook, vonken, as*

*Naar: examen 2012-II*

- 17 Er zijn drie voorwaarden voor het ontstaan van branden. Als je een van deze voorwaarden wegneemt, blus je de brand.

- a Welke voorwaarde haal je weg als je blust met water?

*Je verlaagt de temperatuur tot onder de ontbrandingstemperatuur.*

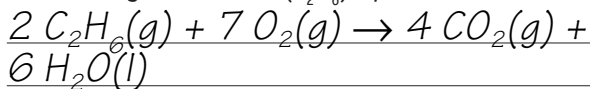
- b Welke voorwaarde haal je weg als je blust met schuim?

*Je stopt de zuurstoftoevoer (luchttoevoer).*

- c Welke voorwaarde haal je weg als je de kraan van een brandende olieleiding afsluit?

*Je stopt de brandstoftoevoer.*

- 18 Schrijf de reactievergelijking voor de volledige verbranding van ethaan ( $C_2H_6$ ) op.

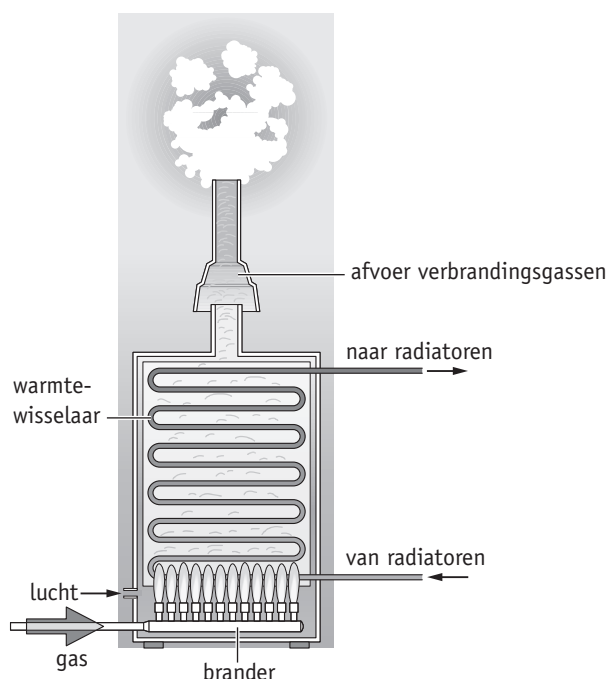


- 19 Bekijk de tekening van een cv-ketel (figuur 22).

- a Op welke plaats reageert methaan met zuurstof? *bij de brander*

- b Hoe kun je aan de vlam zien of er een goede verbranding van aardgas plaatsvindt?

*De vlam heeft bij volledige (goede) verbranding een blauwe kleur. Bij onvoldoende zuurstof (lucht) krijg je een onvolledige verbranding en zie je een gele kleur.*



▲ **figuur 22**  
de werking van een cv-ketel

- c Wat gebeurt er als er onvoldoende luchttoevoer is?

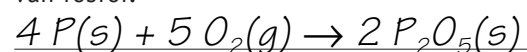
*Dan kan het zeer giftige koolstofmono-oxide ontstaan. Ook kan er roet ontstaan dat in de schoorsteen neerslaat. Hierdoor kan een schoorsteenbrand optreden.*

- 20 Witte en rode fosfor kunnen allebei worden verbrand (figuur 23). Bij verbranding van witte en rode fosfor ontstaat hetzelfde reactieproduct: difosforpentaoxide,  $P_2O_5(s)$ . Toch is er ook een verschil: witte fosfor ontbrandt al bij kamertemperatuur, terwijl rode fosfor pas bij een veel hogere temperatuur ontbrandt.

- a Welke twee verschillen in stoffeigenschappen kun je hieruit afleiden?

*Witte en rode fosfor hebben een verschillende kleur en een verschillende ontbrandingstemperatuur.*

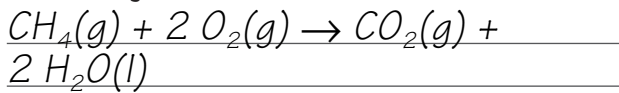
- b Geef de reactievergelijking van de verbranding van fosfor.



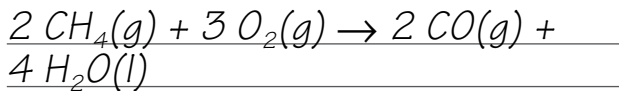
▲ **figuur 23**  
witte fosfor (links) en rode fosfor (rechts)

21 Methaan kan op verschillende manieren worden gebruikt: als brandstof, maar ook als grondstof.

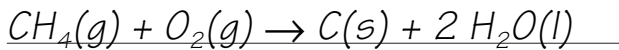
a Geef de reactievergelijking van de volledige verbranding van methaan.



b Geef de reactievergelijking van de onvolledige verbranding van methaan, waarbij water en koolstofmono-oxide ontstaan.

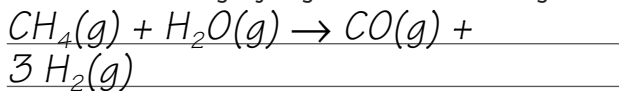


c Geef de reactievergelijking van de zeer onvolledige verbranding van methaan, waarbij water en koolstof ontstaan.



d Als grondstof kan methaan worden gebruikt om waterdamp om te zetten in waterstofgas en koolstofmono-oxide.

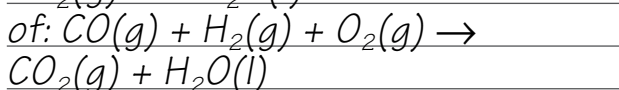
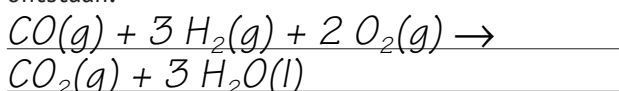
Geef de reactievergelijking van deze omzetting.



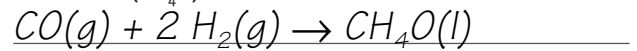
e Het gevormde gasmengsel van waterstof en koolstofmono-oxide werd vroeger gebruikt als brandstof. Dit gasmengsel werd stadsgas genoemd. Welk gevaar brengt het gebruik van stadsgas met zich mee?

Koolstofmono-oxide is een zeer giftig gas. Waterstof is een zeer brandbaar en explosief gas.

f Geef de reactievergelijking van de verbranding van stadsgas, waarbij water en koolstofdioxide ontstaan.

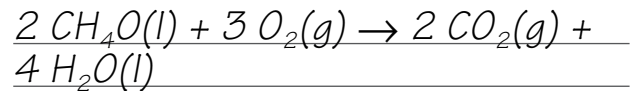


g Het mengsel van waterstofgas en koolstofmono-oxide kun je ook gebruiken om methanol te maken. Geef de reactievergelijking van de vorming van methanol (CH<sub>4</sub>O) uit koolmono-oxide en waterstof.



h Methanol kan ook als brandstof worden gebruikt. Bij de verbranding van methanol ontstaan water en koolstofdioxide.

Geef de reactievergelijking van de verbranding van methanol.



22 De broeikasgassen in de atmosfeer van de aarde dragen bij aan het broeikaseffect.

a Leg uit wat het nut is van het natuurlijke broeikaseffect.

Zonder het natuurlijke broeikaseffect zou de aarde, gemiddeld 30 graden kouder zijn.

b Noem drie nadelen van het versterkte broeikaseffect.

- verdere opwarming van de aarde  
- extreme regenval  
- steeds sterkere (tropische) stormen

23 Lees de tekst in kader 1. Geef de naam van een andere fossiele brandstof dan steenkool en aardolie.

aardgas of bruinkool

Naar: examen 2011-II

#### Kader 1

##### Grijze stroom

Elektriciteitscentrales in Nederland gebruiken meestal fossiele brandstoffen, zoals steenkool en aardolie, voor de productie van elektrische stroom. De stroom die op deze manier wordt gemaakt, noemt men grijze stroom. Behalve steenkool en aardolie kan in elektriciteitscentrales ook gebruikgemaakt worden van een andere fossiele brandstof.



24 Lees de tekst in kader 2.

In de reactor mag geen lucht worden aangevoerd. Geef de reden waarom er geen lucht in de reactor mag worden aangevoerd.

*Goede antwoorden zijn:*

*Anders zou de verbranding al in de reactor optreden.*

*Dan ontstaan er geen brandbare gassen.*

*Dan vindt er geen ontleding plaats (maar verbranding).*

*Naar: examen 2011-II*

*Kader 2*

#### **Groene stroom**

Een nadeel van het gebruik van fossiele brandstoffen is dat de hoeveelheid koolstofdioxide in de atmosfeer toeneemt. Daarom is men op zoek gegaan naar andere manieren om stroom op te wekken. Eén van de mogelijkheden is bijvoorbeeld het gebruik van hout. Door verhitting in een reactor wordt het hout ontleed. Hierbij ontstaat een brandbaar gasmengsel. Dit gasmengsel wordt in de elektriciteitscentrale verbrand. Stroom die op deze manier wordt gemaakt, noemt men groene stroom.

25 Het gasmengsel dat uit de reactor komt, bestaat voornamelijk uit koolstofdioxide, koolstofmono-oxide, methaan ( $\text{CH}_4$ ) en waterstof.

Welk van deze vier gassen is *niet* brandbaar?

- A koolstofdioxide
- B koolstofmono-oxide
- C methaan
- D waterstof

*Naar: examen 2011-II*

26 Lees de tekst in kader 3.

Stikstofoxiden hebben een zelfde effect op het milieu als zwaveldioxide.

Welk effect is dat?

*Stikstofoxiden veroorzaken zure regen.*

*Naar: examen 2011-II*

*Kader 3*

#### **Stikstofoxiden**

Bij de verbranding van het gasmengsel in de elektriciteitscentrale ontstaan door de hoge temperatuur ook stikstofoxiden. Stikstofoxiden zijn milieuvuilend.

Daarom worden de stikstofoxiden uit de rookgassen verwijderd voordat ze de atmosfeer in gaan.