



# Blok 2

## INHOUD

### BASISSTOF

T1	Fossiele brandstoffen	32
W1		34
T2	Alkanen	34
W2		36
T3	Structuurformules en isomerie	37
W3		38
T4	Verbranding en het milieu	39
W4		40
T5	Kraken van aardolie	42
W5		43

### HERHAALSTOF

H1	Fossiele brandstoffen	44
H2	Structuurformules en isomerie	47
H3	Kraken van aardolie	49
HE	Examentraining	50

## LEERDOELEN

- 1 Je moet kunnen vertellen hoe fossiele brandstoffen zijn ontstaan. [P1, T1]
- 2 Je moet kunnen vertellen waaruit aardolie bestaat. Bovendien moet je weten welke verschillen er zijn tussen de koolwaterstoffen als je let op hun kookpunten en dat door deze verschillen aardolie kan worden gedestilleerd in verschillende producten. [T1]
- 3 Je moet kunnen vertellen wat wordt bedoeld met een fractie. [T1, W1, T2, W2]
- 4 Je moet kunnen vertellen dat elke fractie een mengsel is en dat elke fractie dus een kooktraject heeft. [T1, W1, T2, W2]
- 5 Je moet kunnen vertellen wat de algemene formule van de alkanen is. [T2]
- 6 Je moet van de eerste zes alkanen de naam, molecuulformule en structuurformule kunnen opschrijven. [T2, T3]
- 7 Je moet van een gegeven formule kunnen vertellen of deze van een alkaan is. [T2]
- 8 Je moet vijf brandstoffen kunnen noemen die van aardolie gemaakt kunnen worden. [T2, W2]
- 9 Je moet de belangrijkste producten van de aardolieindustrie kunnen noemen. [T2, W2]
- 10 Je moet kunnen vertellen wat een vertakte en een onvertakte keten is. [T2, W2]
- 11 Je moet van een gegeven structuurformule kunnen vertellen welke naam en molecuulformule erbij horen. [P2, T2, W2, P3, T3, W3]

# Fossiele brandstoffen

- 12 Je moet van de alkanen en halogeenalkanen de namen, formules en structuurformules kunnen opschrijven van de stoffen met niet meer dan zes koolstofatomen in de hoofdketen en/of één of twee methylgroepen aan de hoofdketen en/of één of twee halogeenatomen aan de hoofdketen. [T2, W2, T3, W3]
- 13 Je moet kunnen vertellen wat een verzadigde en een onverzadigde verbinding is. [T2, W2, T5, W5]
- 14 Je moet van een gegeven naam kunnen vertellen welke molecuulformule en structuurformule erbij horen. [P3, T3, W3]
- 15 Je moet van koolwaterstoffen kunnen vertellen of het isomeren zijn, als de structuurformules van die stoffen gegeven zijn. [T3, W3]
- 16 Je moet bij een gegeven molecuulformule de structuurformule van een isomeer kunnen opschrijven (tekenen). [T3, W3]
- 17 Je moet bij een gegeven molecuulformule alle mogelijke structuurformules en bijbehorende namen kunnen opnoemen. [T3, W3]
- 18 Je moet kunnen vertellen of gegeven koolwaterstoffen volledig of onvolledig verbranden en welke reactieproducten er dan ontstaan [P4, T4, W4]
- 19 Je moet de brandstoffen steenkool, cokes en koolwaterstoffen (zoals aardgas, benzine en dieselolie) kunnen noemen [T4]
- 20 Je moet kunnen vertellen waarom in gaskachels en cv-ketels de luchttoevoer en de branders schoon moeten zijn. [P4, T4]
- 21 Je moet van  $\text{SO}_2$ , NO,  $\text{NO}_2$  en  $\text{CO}_2$  kunnen vertellen wat de gevolgen zijn voor het milieu en de gezondheid en je moet kunnen uitleggen op welke manier deze gevolgen ook voor andere landen nu en in de toekomst merkbaar zullen zijn. [T4, W4]
- 22 Je moet kunnen vertellen wat de algemene formule van de alkenen is. [T5]
- 23 Je moet kunnen vertellen of een gegeven formule van een alkeen is. [T5, W5]
- 24 Je moet kunnen vertellen dat alkenen een dubbele binding hebben en dat aan de koolstofatomen naast deze dubbele binding twee waterstofatomen ontbreken. [T5]
- 25 Je moet kunnen vertellen wat er gebeurt met de moleculen bij kraken en welke reactieproducten er dan ontstaan. [T5]
- 26 Je moet van etheen en propen de formule kunnen noemen. [T5, W5]
- 27 Je moet kunnen vertellen wat de molecuulformule en structuurformule van etheen en propen zijn. [T5, W5]
- 28 Je moet kunnen vertellen wat de naam en de molecuulformule zijn, als de structuurformule van etheen of propen gegeven is. [T5]
- 29 Je moet de vergelijkingen kunnen opschrijven met de namen, molecuulformules en structuurformules voor de reacties tussen alkenen en broom, chloor of waterstof. [T5, W5]



## T1 Fossiele brandstoffen

Niemand vindt het prettig om het koud te hebben. Als iemand te veel afkoelt, kan dat zelfs dodelijk zijn. Elk jaar bevriezen er mensen van de kou. Gelukkig komt dit in Nederland maar zeer weinig voor, want vrijwel iedereen heeft wel verwarming.

De centrale verwarming in de meeste huizen heeft als energiebron aardgas. In huizen die nog niet zijn aangesloten op het aardgasnet, wordt vaak stookolie gebruikt.

Koken doen we op gas of op elektriciteit. Thuis is dat gas meestal aardgas, op de camping gebruiken we propaangas of butaangas (butagas) (figuur 1). Elektriciteit wordt opgewekt in elektriciteitscentrales. Daarvoor gebruikt men kernenergie, aardgas of steenkool.

Aardgas, aardolie en steenkool worden *fossiele brandstoffen* genoemd, omdat ze ontstaan zijn uit fossielen van planten en dieren.

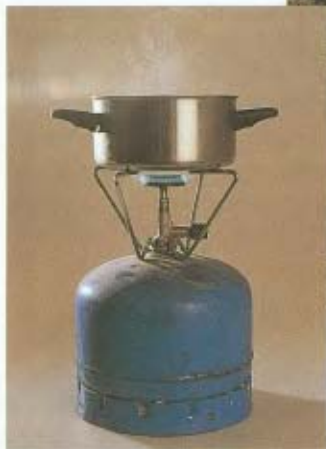
### Hoe zijn fossiele brandstoffen ontstaan?

Fossiele brandstoffen zijn miljoenen jaren geleden ontstaan uit dode en afgestorven planten en dieren. Tweehonderd miljoen jaar geleden was de aarde veel warmer dan nu. Enorme bomen en reusachtige varens groeiden in moerassig land (figuur 2). In zee zwommen geweldige aantallen schelpdiertjes.

Toen al deze planten en diertjes stierven, ontstond een dikke laag vergaan materiaal. Waar het afgestorven materiaal voldoende met lucht in aanraking kwam, rotte het volledig weg. In andere gebieden kon de lucht er niet bij komen, omdat het bedekt werd met een dikke laag zand, rotsen of ander gesteente. Het afgestorven materiaal werd hier omgezet in andere stoffen door bacteriën. De lagen die opgebouwd waren uit afgestorven planten, veranderden langzaam in steenkool. De lagen die uit zeediertjes en schelpen bestonden, werden langzaam omgezet in aardolie en aardgas.

FIG. 2 Miljoenen jaren geleden waren er nog zulke moerasbossen.

FIG. 1 Koken op campinggas.



## Transport van fossiele brandstoffen

Aardolie wordt uit de grond gepompt en daarna opgeslagen in tanks. Vervolgens wordt het met grote tankers over oceanen en zeeën vervoerd. Over land gaat het transport met treinen of door buizen.

Aardgas wordt onder andere in Nederland uit de bodem gehaald en door een buizenet naar de huizen getransporteerd.

## Toepassingen van aardolie

Aardolie is een belangrijke grondstof voor heel veel producten. Denk maar eens aan benzine, dieselolie, verf, kleurstoffen, medicijnen, oplosmiddelen, wasmiddelen, kunststoffen en plastics!

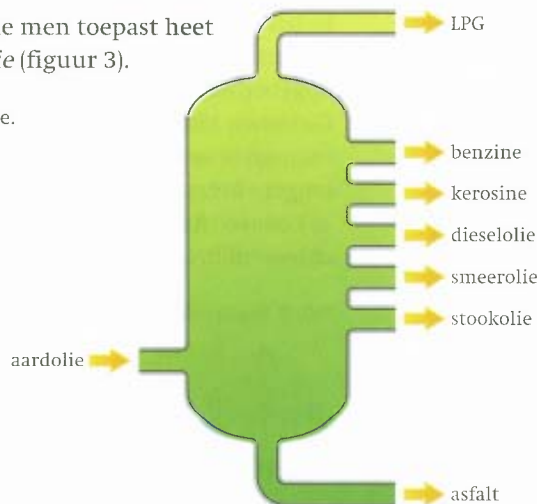
Als aardolie uit de grond komt, is het een vrij dikke zwarte vloeistof. Het is een mengsel dat uit honderden verschillende stoffen bestaat. Die stoffen heten *koolwaterstoffen*, omdat ze allemaal uit koolstofatomen en waterstofatomen zijn opgebouwd. In het aardolie-mengsel zijn ook gassen en vaste stoffen opgelost.

## Gefractioneerde destillatie

Het is heel erg moeilijk om het aardoliemengsel te scheiden in zuivere stoffen. Dit is meestal ook niet noodzakelijk. Daarom wordt aardolie gescheiden in groepjes koolwaterstoffen waarvan de kookpunten niet te ver uiteen liggen. Zo'n groepje koolwaterstoffen heet een *fractie*.

De scheidingsmethode die men toepast heet *gefractioneerde destillatie* (figuur 3).

FIG. 3 Gefractioneerde destillatie.



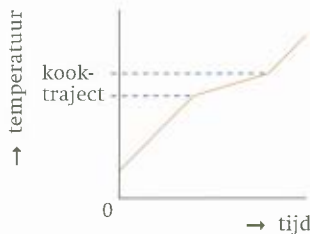
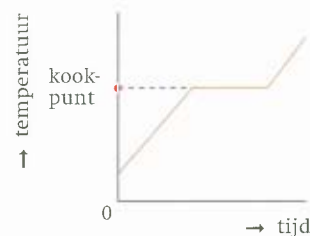
In de destillatiekolom wordt aardolie verhit, waardoor het verdampt. De damp stijgt op en condenseert. Hoe kleiner de moleculen hoe makkelijker de stof verdampt en hoe hoger de damp in de kolom komt. Bovenin de destillatiekolom worden de stoffen afgetapt met de kleinste moleculen. Het zijn de stoffen in aardolie met de laagste kookpunten.

Hoe groter de moleculen, dus hoe meer koolstofatomen, hoe moeilijker de stof verdampt. Die stoffen condenseren laag in de kolom. Onderin de destillatiekolom worden dus de stoffen afgetapt met de grootste moleculen. Het zijn de stoffen in aardolie met de hoogste kookpunten.

## Kookpunt en kooktraject

Een zuivere stof kookt bij één temperatuur. Zuivere stoffen hebben een *kookpunt*. Water bijvoorbeeld heeft een kookpunt van 100 °C (figuur 4, boven). Aardolie is een mengsel. Als een mengsel wordt verhit, zal tijdens het koken de temperatuur veranderen. Een mengsel heeft een *kooktraject* (figuur 4, onder).

FIG. 4 Kookpunt en kooktraject.



- 1 Leg uit waarom de naam Shell (= schelp) een logische naam is voor een aardoliemaatschappij.
- 2 In welke provincie wordt in Nederland aardgas uit de grond gepompt?
- 3 Waarmee transporteert men aardolie over zee en over land? Welke problemen heeft dit al een aantal malen opgeleverd?
- 4 Leg uit waarom het zo moeilijk is om aardolie te vinden.
- 5
  - a Wat zijn fossiele brandstoffen?
  - b Noem drie soorten fossiele brandstoffen.
  - c Hoe ontstaan fossiele brandstoffen?
- 6 Stel je eens voor dat de aardolie opraakt. Noem minstens vier dingen uit ons dagelijks leven die daardoor onmogelijk worden.
- 7 Leg het verschil uit tussen gewoon destilleren en gefractioneerd destilleren.
- 8 Leg uit waarom het zo moeilijk is om aardolie te destilleren in zuivere stoffen.
- 9 Leg uit hoe het komt dat men bovenin de destillatiekolom de lichtste fracties aftapt en onderin de zwaarste.

Bij de gefractioneerde destillatie van aardolie ontstaan hoofdzakelijk alkanen. Alkanen zijn koolwaterstoffen met namen die eindigen op *-aan*. In figuur 5 zie je als voorbeeld *propaan*.

De algemene formule van de alkanen is  $C_nH_{2n+2}$ , waarbij  $n$  het aantal koolstofatomen is. Alkanen worden *verzadigde* koolwaterstoffen genoemd, omdat elk koolstofatoom gebonden is aan vier andere atomen. In de tabel van figuur 6 zie je een overzicht van de alkanen.

### Bindingen

De bindingen in alkaanmoleculen zijn *atoom-bindingen*. Elk C-atoom heeft vier atoombindingen, elk H-atoom heeft één atoombinding. Halogeenatomen zoals F, Cl, Br en I hebben ook één atoombinding.

### Onvertakte ketens

Als alle koolstofatomen één keten vormen, zoals bij figuur 5, dan wordt dat een *onvertakte* keten genoemd. De namen van de alkanen met een onvertakte keten staan in figuur 6.

### Vertakte ketens

Er bestaan ook koolwaterstoffen met *vertakte* ketens (figuur 7). De structuurformules zijn bij deze alkanen opgebouwd uit een hoofdketen, waarin de meeste C-atomen zitten en één of meer zijketens. Zijketens kunnen bestaan uit een  $CH_3$ -groep (methylgroep) of uit langere ketens. Die langere ketens hoeft je echter niet te kennen. Aan de koolstofatomen kunnen ook fluor-, chloor- of broomatomen zitten.

FIG. 5 Structuurformule van propaan.

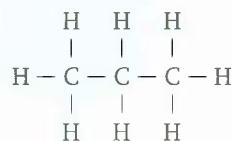


FIG. 6 Overzicht van de alkanen.

fractie	kooktraject	aantal C-atomen	formule	naam	toepassing
gas	– 160 tot 40 °C	1	CH <sub>4</sub>	methaan	– aardgas
		2	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	ethaan	
		3	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	propaan	– campinggas, butagas en lpg
		4	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	butaan	
		5	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	pentaan	– benzine, ook wasbenzine en aanstekerbenzine
		6	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	hexaan	
benzine	40 tot 140 °C	7 t.e.m. 10			
nafta	140 tot 180 °C	8 t.e.m. 12			– grondstof voor de chemische industrie, plastics
kerosine	180 tot 200 °C	10 t.e.m. 16			– vliegtuigbenzine, kaarsenindustrie
dieselolie	200 tot 300 °C	14 t.e.m. 20			– dieselolie voor tractoren en vrachtwagens
stookolie	300 tot 350 °C	20 t.e.m. 30			– brandstof voor schepen, fabrieken en ouderwetse centrale-verwarmingsketels
smeerolie en asfalt	boven 300 °C	meer dan 25			– vetten, smeerolie, was (voor bijv. plaatwerk), asfalt-bestrating, dakbedekking

### Naamgeving van vertakte koolstofketens

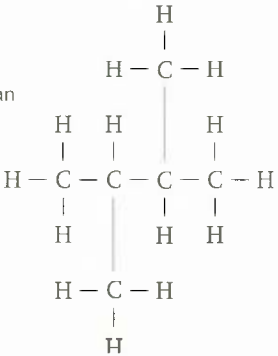
Om de juiste naam te kunnen geven moet gelet worden op:

- de *plaats* van de zijketens aan de hoofdketen;
- het *aantal* zijketens;
- de *naam* van de *zijketen*;
- de *naam* van de *hoofdketen*.

Het aantal zijketens of het aantal halogeenatomen aan de hoofdketen wordt aangegeven met de volgende telwoorden:

mono = 1 (wordt meestal weggelaten)  
di = 2  
tri = 3  
tetra = 4

FIG. 7 Structuurformule van 2,3-dimethylbutaan.



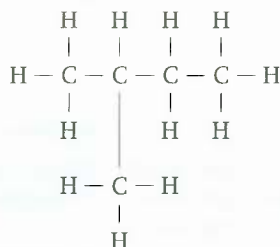
De naam die hoort bij de structuurformule van figuur 7 kan gevonden worden met behulp van de tabel van figuur 8.

FIG. 8 Naam: 2,3-dimethylbutaan.

zijketen(s)			hoofdketen
Aan welke C-atomen zitten de zijketens?	Hoeveel zijketens zijn er?	Welke namen hebben de zijketens?	Wat is de naam van de hoofdketen?
Zet nummers bij de C-atomen van de hoofdketen.			De hoofdketen is de <i>langste</i> keten.
aan 2 en 3	twee = di	methyl	butaan

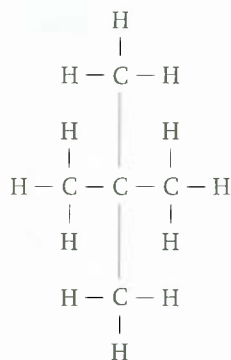
- 1 Leg uit of kerosine een kookpunt of een kooktraject heeft.
- 2 Leg uit waarom ethaan sneller verdampt dan butaan.
- 3 Leg uit welk gas sneller stolt; propaan of butaan.
- 4 Noem vijf brandstoffen die na destillatie uit aardolie ontstaan.
- 5 Noem de acht belangrijkste fracties die ontstaan bij gefractioneerde destillatie van aardolie.
- 6 Geef de naam die hoort bij de structuurformule van figuur 9.

FIG. 9



- 7 Geef de naam die hoort bij de structuurformule van figuur 10.

FIG. 10

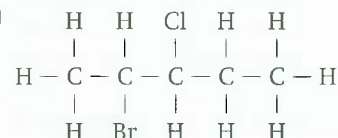


- 8 Hebben de structuurformules in figuur 9 en 10 vertakte of onvertakte ketens?

- 9 Geef de naam die hoort bij de structuurformule in figuur 11.

*Denk eraan, dat de namen van de halogenen alfabetisch achter elkaar gezet moeten worden. Geef dus eerst de plaats (en naam) van broom en zet daarachter de plaats (en naam) van chloor.*

FIG. 11



- 10 Zijn de structuurformules in figuur 9, 10 en 11 van verzadigde of van onverzadigde koolwaterstoffen?

## T3 Structuurformules en isomerie

### Structuurformules

Als de structuurformule moet worden opgesteld van een stof waarvan de naam is gegeven, dan gaat dat als volgt:

STAP 1: Zet de juiste hoeveelheid koolstofatomen zoals die volgt uit de naam van de hoofdketen, naast elkaar.

STAP 2: Zet er de juiste bindingsstreepjes tussen: voor alkanen steeds één streepje.

STAP 3: Zorg ervoor dat er vier bindingsstreepjes aan elk koolstofatoom zitten.

STAP 4: Zet de zijketens bij de gegeven koolstofatomen.

PAS OP: Teken nooit *methyl*groepen aan het *eerste* of het *laatste* C-atoom.

VOORBEELD: We gaan de structuurformule opstellen van 2-methylpropaan.

In figuur 12 geldt het volgende:

rood = stap 1

groen = stap 2 en 3

zwart = stap 4

### Isomerie

Als van een bepaalde stof de molecuulformule is gegeven, dan is het nog niet zeker hoe de structuurformule van deze stof eruit ziet. Zo kunnen van  $C_4H_{10}$  twee verschillende structuurformules opgesteld worden (figuur 13).

*Isomeren hebben dezelfde molecuulformules, maar verschillende structuurformules.*

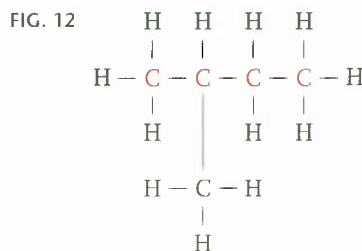
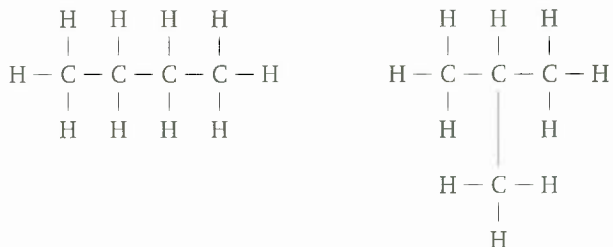
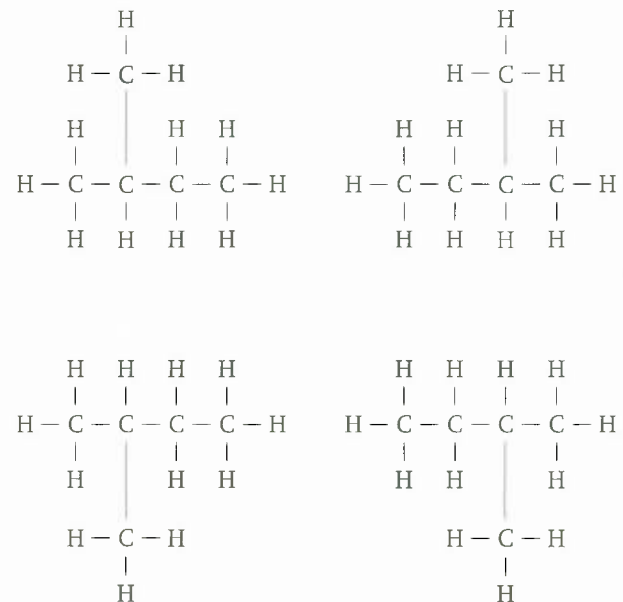


FIG. 13 Butaan (links) en 2-methylpropaan (rechts): allebei  $C_4H_{10}$ .



Bij isomerie kunnen gemakkelijk fouten gemaakt worden. Het lijkt dan of de stoffen isomeren zijn, maar dat zijn ze niet. In figuur 14 staan stoffen die geen isomeren van elkaar zijn. Ze hebben allemaal *dezelfde* naam, 2-methylbutaan, ook al lijkt dat niet zo.

FIG. 14 Vier maal 2-methylbutaan.





Voor halogeenalkanen gelden dezelfde regels voor isomerie.

2-chloorpentaan en 3-chloorpentaan zijn bijvoorbeeld isomeren, want hun structuurformules zijn niet gelijk maar hun molecuulformules wel (figuur 15).

FIG. 15 2-chloorpentaan (boven) en 3-chloorpentaan (onder):  
allebei  $C_5H_{11}Cl$

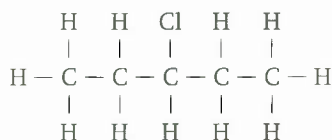
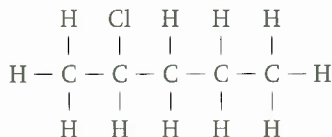
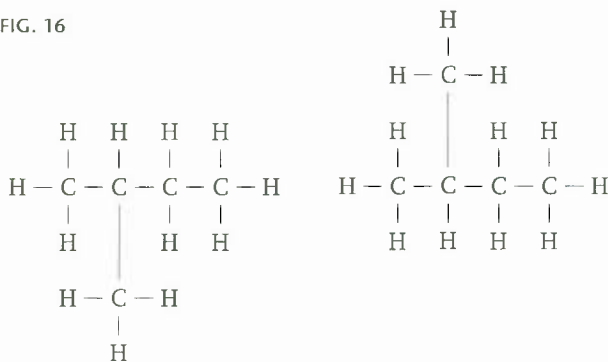


FIG. 16



- 1** Stel op de beschreven manier de structuurformule op van:  
**a** 2-methylpropan;   
**b** 3-fluoropentaan;   
**c** 2-chloor-4-methylhexaan;   
**d** 1,2-dichloorethaan.
- 2** Wat is fout aan de volgende namen? Stel eerst de bijbehorende structuurformule op en geef dan de juiste naam:  
**a** 1-methylmethaan;   
**b** 2,3-dibroompropan;   
**c** 1,2-dimethylethaan.
- 3** **a** Stel de structuurformules op van butaan en van 2-methylpropan.  
**b** Welke molecuulformules hebben deze stoffen?
- 4** Stel de structuurformules op en geef de namen van alle isomeren van:  
**a**  $C_5H_{12}$ ;   
**b**  $C_3H_6Br_2$ ;   
**c** difluorethaan.
- 5** Leg uit of de stoffen in figuur 16 isomeren zijn.
- 6** **a** Geef de structuurformules van alle isomeren van  $C_2H_5Cl$ .  
**b** Geef de namen van deze isomeren.

## T4 Verbranding en het milieu

### Volledige verbranding

Bij *volledige* verbranding van koolwaterstoffen ontstaan koolstofdioxide en water. Er is dan voldoende zuurstof aanwezig om alle koolstofatomen en waterstofatomen te binden.

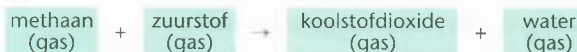
De volledige verbranding van methaan verloopt als volgt:



### Onvolledige verbranding

Is er te weinig zuurstof, dan treedt *onvolledige* verbranding op. Bij onvolledige verbranding van koolwaterstoffen ontstaan koolstofmono-oxide en water. Koolstofmono-oxide is een giftig gas.

De onvolledige verbranding van methaan gaat op de volgende wijze:



Er kan zelfs *roet* (= koolstof) ontstaan, als koolwaterstoffen heel erg slecht verbranden.

### Gaskachels en cv-ketels

De meeste kachels branden tegenwoordig op aardgas. Aardgas heeft grote voordelen. Als aardgas verbrandt ontstaat er heel weinig luchtverontreiniging. De gasen die ontstaan bij de verbranding van aardgas, zijn koolstofdioxide en waterdamp. Koolstofdioxide is niet giftig; wel draagt het bij aan het broeikas effect.



FIG. 17 Verwarmingsmonteur maakt de branders van de cv-ketel schoon.

De branders en de luchttoevoer moeten goed schoon gehouden worden, anders worden het giftige koolstofmono-oxide en roet gevormd. Bovendien gebruikt een cv-ketel of een kachel die niet schoon is, veel meer gas. Soms wel twee maal zoveel!

### Milieuvervuiling

Bij de verbranding van brandstoffen, zoals kolen, benzine, lpg, aardgas, dieselolie, stookolie en kerosine ontstaat een aantal gasen die de lucht sterk verontreinigen (figuur 18). Het gaat om de gasen koolstofdioxide, zwaveldioxide en stiktofoxiden.

*Koolstofdioxide* ontstaat bij de verbranding van allerlei brandstoffen. De vrijkomende warmte wordt onder meer gebruikt om huizen op te warmen en auto's te laten rijden. Koolstofdioxide wordt gezien als de belangrijkste veroorzaker van het *broeikas effect*. Door het broeikas effect warmt de aarde geleidelijk op, waardoor sommige gebieden verdrogen, terwijl andere gebieden last kunnen krijgen van overstromingen.

Zwavedioxide ontstaat bij de verbranding van kolen, en bij de verwerking en verbranding van aardolie. Kolen en aardolie zijn verontreinigd met zwavel. De industrie, elektriciteitscentrales en raffinaderijen geven daarom veel zwavedioxide af. Zwavedioxide reageert in de lucht met regenwater en in de bodem met grondwater, waardoor dit water zuur wordt. Er ontstaat schade aan bomen en andere gewassen, en schade aan gebouwen en monumenten.

Stikstofoxiden ontstaan onder meer bij de verbranding in automotoren. Stikstofoxiden veroorzaken ook zure regen. Bovendien spelen stikstofoxiden een belangrijke rol bij het ontstaan van smog. Smog is erg vervelend voor mensen met problemen aan de luchtwegen.

Een bijkomend probleem is, dat deze gassen met de wind meegenomen worden en ergens anders neerslaan. In Nederland komt dus veel vervuilde lucht binnengewaaid. Omgekeerd gaat onze vervuilde lucht naar de ons omringende landen.

FIG. 18 De luchtverontreiniging in beeld: zure regen, broeikaseffect en dunner wordende ozonlaag.



- 1 Stel de vergelijkingen op van de verbranding van:
  - a ethaan(g);
  - b propaan(g);
  - c butaan(g);
  - d ethanol(l),  $C_2H_6O(l)$ .
- 2 Sommige mensen vinden benzine en dieselolie veel te waardevol om in (vracht)auto's verbrand te worden. Geef een aantal redenen waarom je het daarmee eens bent of juist oneens.
- 3 Een hoeveelheid butaan verbrandt onvolledig; er ontstaat een giftig gas.
  - a Geef de namen van de reactieproducten.
  - b Geef de vergelijking van deze reactie.
- 4 Een hoeveelheid pentaan verbrandt met een roetende vlam. Er ontstaan dan koolstof en water. Geef de vergelijking van deze reactie.
- 5 In een katalysator wordt onder andere koolstofmono-oxide verbrandt tot koolstofdioxide.
  - a Leg uit waarom dat gedaan wordt.
  - b Geef de vergelijking van de reactie.
- 6 Van 2-methylpropaan en van pentaan worden gelijke hoeveelheden verbrand.
  - a Voor de verbranding van welke van deze twee stoffen is de meeste zuurstof nodig?  
*Tip:* Stel de reactievergelijkingen op!
  - b De 2-methylpropaan verbrandt volledig, de pentaan verbrandt zo onvolledig dat er alleen koolstof en water ontstaan.  
Voor de verbranding van welke van deze twee stoffen is nu de meeste zuurstof nodig?  
*Tip:* Gebruik weer de reactievergelijkingen.

**7** Leg uit waarom in de reactievergelijkingen van T4 achter de  $H_2O$  steeds een (g) staat en geen (l). Water is toch een vloeistof?

**8** Voor verbranden zijn drie dingen noodzakelijk:

- brandstof;
- luchttoevoer (zuurstoftoevoer);
- voldoende hoge temperatuur.

Als je water over vlammen gooit, welke van deze drie dingen haal je dan weg?

- A brandstof
- B luchttoevoer
- C voldoende hoge temperatuur
- D brandstof en luchttoevoer
- E luchttoevoer en voldoende hoge temperatuur
- F brandstof en voldoende hoge temperatuur

**9** Hieronder staan twee problemen genoemd:

PROBLEEM 1: Als je deze gasen inademt, ga je er behoorlijk van hoesten. Met regen reageren ze tot zure regen.

PROBLEEM 2: Dit gas gaat als een schil om de aarde zitten, waardoor de aarde langzaam opwarmt. Het gas veroorzaakt dus het broeikaseffect.

- a** Welk probleem wordt veroorzaakt door zwaveldioxide?
- b** Welk probleem wordt veroorzaakt door koolstofdioxide?
- c** Welk probleem wordt veroorzaakt door stikstfoxiden?

**10** Het ontstaan van zure regen.

**a** De zwavel in brandstoffen reageert met zuurstof tot zwaveldioxide.

Geef hiervan de reactievergelijking.

**b** De zwaveldioxide reageert met regenwater tot zwavelig zuur,  $H_2SO_3$ .

Geef hiervan de reactievergelijking.

**c** Het zwavelig zuur kan geoxideerd worden tot zwavelzuur,  $H_2SO_4$ .

Geef hiervan de reactievergelijking.

**11** 'De goeie ouwe tijd ....'

Voor deze vraag heb je iemand nodig die 50 jaar is of nog veel ouder .... Vraag hem/haar hoe de dingen waren, toen hij/zij net zo oud was als jij nu.

Stel de volgende vragen:

**a** Welke brandstof gebruikten ze om hun huis te verwarmen?

**b** Werd elke kamer verwarmd?

**c** Met welke brandstof kookten ze?

**d** Waarmee verplaatsten ze zich als ze een paar kilometer verderop moesten zijn? En waarmee als ze meer dan 10 kilometer ver moesten?

**e** In welk jaar (ongeveer) kregen ze een aansluiting op aardgas?

Beantwoord nu zelf de laatste vraag van deze opdracht.

**f** Leg uit of in de lucht toen meer of minder zwaveldioxide en koolstofdioxide zaten. Vertel ook waarom je dat denkt.

**12** Iedereen wil graag minder zure regen.

**a** Welk gas moet dan uit de rook bij de verbranding van fossiele brandstoffen gehaald worden?

**b** Wat zou je zelf kunnen doen om de hoeveelheid zure regen te verminderen?



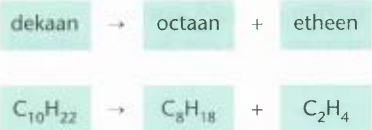
# T5 Kraken van aardolie

## Wat is kraken?

Op de wereld rijden enorm veel auto's rond, die samen een gigantische hoeveelheid benzine nodig hebben. De hoeveelheid benzine die direct uit aardolie gehaald kan worden is bij lange na niet groot genoeg om in deze behoefte te voorzien. De kunststofindustrie heeft bovendien zeer grote hoeveelheden etheen en propaan nodig.

Om aan de vraag naar deze grondstoffen te kunnen voldoen worden nafta en kerosine *gekraakt* met behulp van katalysatoren. Kraken is een ontledingsreactie: de grote moleculen breken in kleinere moleculen. Welke producten er ontstaan bij kraken wordt geregeld met behulp van katalysatoren, druk en temperatuur (figuur 19).

VOORBEELD: Het kraken van dekaan ( $C_{10}H_{22}$ ) kan als volgt verlopen (figuur 20):



Er kunnen echter ook andere alkanen en/of alkenen gevormd worden.

FIG. 20

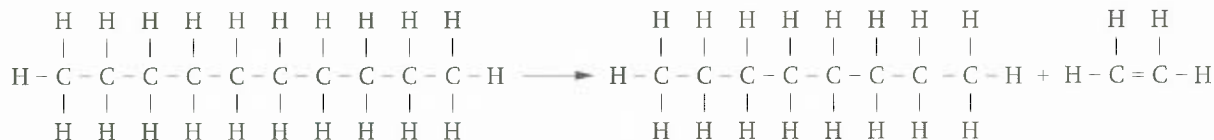


FIG. 21 Structuurformule van propaan.

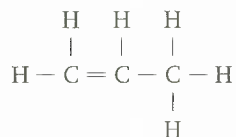


FIG. 19 Een kraakinstallatie.

## Alkenen

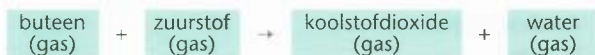
Bij de reactie van figuur 20 ontstaat etheen. Aan de formule is te zien dat het geen alkaan is, want het heeft maar vier waterstofatomen in plaats van zes. Etheen is een *alkeen*.

Alkenen zijn koolwaterstoffen met een *dubbele* binding tussen twee C-atomen. Aan elk C-atoom naast de dubbele binding zit één H-atoom, waardoor alkenen twee waterstofatomen minder hebben dan alkanen. Alkenen zijn *onverzadigde* verbindingen. Twee van de C-atomen zijn aan drie andere atomen gebonden in plaats van aan vier. De algemene formule van de alkenen is daarom  $C_nH_{2n}$  (figuur 21).

Het etheen dat ontstaat bij het kraakproces kan gebruikt worden om bijvoorbeeld het plastic polyetheen te produceren. Ook polyvinylchloride (pvc) kan van etheen worden gemaakt (zie hiervoor blok 7).

### Verbranden van alkenen

Als alkenen volledig verbranden ontstaan ook koolstofdioxide en water:



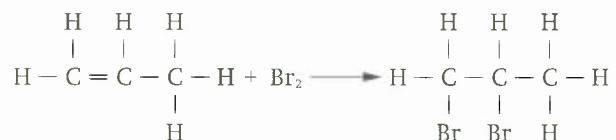
De verbranding van alkenen kan eveneens onvolledig zijn, waarbij koolstofmono-oxide en water ontstaan of zelfs roet.

### Reactie van een alkeen met een halogeen

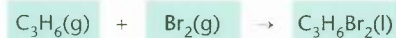
Alkenen kunnen reageren met halogenen of met waterstof. Daarbij springt de dubbele binding open en worden twee halogeenatomen of twee waterstofatomen gebonden.

VOORBEELD: In figuur 22 is de reactie van propen met broom weergegeven.

FIG. 22 De reactie van propen met broom.



De vergelijkingen van de reacties tussen een alkeen en een halogeen zijn zeer eenvoudig. Het is een kwestie van optellen:



- a** Geef de reactievergelijking van het kraken van nonaan ( $\text{C}_9\text{H}_{20}$ ) in heptaan en etheen.

**b** Geef de structuurformule van etheen.
- Bij het kraken van  $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$  ontstaan twee koolwaterstoffen met elk zes koolstofatomen.

**a** Geef van elk de naam.

**b** Geef van de onverzadigde verbinding die ontstaat, de structuurformule.
- Leg uit waarom  $\text{C}_9\text{H}_{18}$  een alkeen is.
- Leg uit waarom koolwaterstoffen uit aardolie gekraakt worden.
- Geef de vergelijking voor de volledige verbranding van penteen.
- Geef de vergelijking van de reactie die optreedt als buteen met broom reageert. Geef de structuurformules van de 'deelnemende' koolwaterstoffen.
- Men laat etheen reageren met chloor. Er ontstaat:
  - chlooretheen.
  - chloorethaan.
  - dichlooretheen.
  - dichloorethaan.
- Propen reageert met chloor.
 

**a** Geef het reactieschema in woorden.

**b** Geef de vergelijking van deze reactie met structuurformules.
- Geef de naam van de stof die ontstaat als etheen met waterstof reageert.

# H1 Fossiele brandstoffen

## Fossiele brandstoffen

Aardgas, aardolie en steenkool zijn *fossiele brandstoffen*. Ze zijn lang geleden diep in de bodem ontstaan uit afgestorven planten en dieren.

De brandstoffen die uit aardolie worden gehaald, zijn mengsels van hoofdzakelijk *koolwaterstoffen*.

Aardolie wordt in grote destillatiekolommen gescheiden. Deze scheidingsmethode berust op verschil in kookpunt en wordt daarom destillatie genoemd.

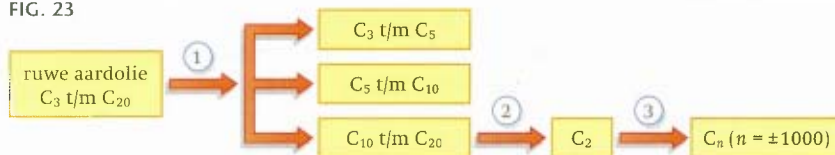
Omdat de stof die men aftapt, bestaat uit een mengsel van koolwaterstoffen (fractie), spreken we van *gefractioneerde destillatie*. Men krijgt geen zuivere producten, omdat de kookpunten te dicht bij elkaar liggen.

Hoe *kleiner* de moleculen hoe *hoger* ze in de destillatiekolom afgetapt worden.

De *belangrijkste fracties*, beginnend met de fracties met de laagste kookpunten: gas, benzine, nafta, kerosine, dieselolie, stookolie, smeerolie en asfalt (zie de tabel van figuur 6).

- 1 De scheidingsmethode die men toepast om aardolie te scheiden, is destillatie.
  - a Leg uit waarom filtreren en indampen niet toegepast kunnen worden als scheidingsmethode.
  - b Leg uit waarom men na destillatie geen zuivere stoffen krijgt maar mengsels (fracties).

FIG. 23



- 2 Een bedrijf dat aardolie verwerkt, heeft de fabricage van haar producten weergegeven in het schema van figuur 23. Bij de koolstofverbindingen is genoteerd hoeveel koolstofatomen in de moleculen voorkomen. Zo betekent C<sub>3</sub> t/m C<sub>5</sub> een mengsel van 3 C-atomen, 4 C-atomen en 5 C-atomen. Bij de pijlen moeten woorden komen. Daarover gaan de vragen a tot en met c.
  - a Welke van de onderstaande woorden hoort bij 1?
    - A destilleren
    - B kraken
    - C ontleden
    - D verbranden
  - b Welke van de onderstaande woorden hoort bij 2?
    - A destilleren
    - B kraken
    - C ontleden
    - D verbranden
  - c Bij 3 hoort het woord polymeriseren. Bij polymeriseren worden zo te zien:
    - A grote moleculen gekraakt tot kleine moleculen.
    - B kleine moleculen samengevoegd tot grote moleculen.
    - C koolwaterstoffen verbrand.
    - D koolwaterstoffen ontleed.
 (Mavo-D-eindexamen 1987)
- 3 Noem vijf brandstoffen die van aardolie worden gemaakt.
- 4 Noem de acht belangrijkste fracties van de aardolie-industrie.

## Verbranding van koolwaterstoffen

Als een koolwaterstof volledig verbrandt, reageert elk element met zuurstof. Er ontstaat koolstofdioxide en water. Bij *onvolledige* verbranding ontstaan het giftige koolstofmono-oxide en water. Is er een *heel groot tekort* aan zuurstof, dan ontstaan koolstof (roet) en water.

Volledige verbranding:



Onvolledige verbranding:



(Zeer) onvolledige verbranding:



- 5** Benzine is een mengsel van koolwaterstoffen en toevoegingen. Als benzine verbrandt in een motor, ontstaan koolstofdioxide, water, zwaveldioxide en stikstofoxiden.

**a** Welke stoffen zijn ontstaan door de verbranding van de koolwaterstoffen in benzine?

Zwavel is een toevoeging aan benzine om het beter te laten branden.

**b** Geef de reactievergelijking van de verbranding van zwavel tot zwaveldioxide.

Stikstof is geen toevoeging aan benzine.

**c** Leg uit waarom er toch stikstofoxiden ontstaan.

- 6** Als je sigaretten rookt, krijg je naast andere gevaarlijke stoffen ook koolstofmono-oxide binnen.

Koolstofmono-oxide gaat in het bloed op de plaats zitten waar eigenlijk zuurstof hoort te zitten. Het bloed moet dan sneller rondgepompt worden om overal voldoende zuurstof te krijgen.

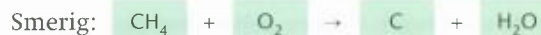
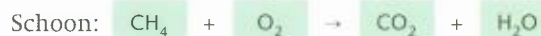
**a** Geef de formule van koolstofmono-oxide.

**b** Leg uit waarom je hartslag sneller wordt als je rookt.

**c** Geef een oorzaak voor het ontstaan van koolstofmono-oxide in een brandende sigaret.

- 7** Men heeft een mengsel van methaan en ethaan. Geef de formules van de gassen die ontstaan bij de verbranding van dit mengsel.

- 8** Aardgas bestaat hoofdzakelijk uit methaan. Als de branders en de luchttoevoer van een cv-ketel schoon zijn, ontstaan koolstofdioxide en waterdamp. Zijn deze daarentegen smerig, dan ontstaan er roet (C) en waterdamp.



**a** Maak deze reactievergelijkingen kloppend. Zet er ook de juiste toestandsaanduidingen bij.

**b** Leg uit dat bij *eenzelfde* hoeveelheid zuurstof bij smerige branders *meer* aardgas wordt gebruikt dan bij schone branders.

- 9** Van  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$  en  $\text{C}_4\text{H}_8$  worden evenveel moleculen verbrand. Leg met behulp van reactievergelijkingen uit voor de verbranding van welke stof de meeste zuurstof nodig is.



## Milieuverontreiniging

### ZURE REGEN

Zwaveldioxide dat ontstaat bij de verbranding van zwavel in kolen en aardolie veroorzaakt *zure regen*. Kolen worden gebruikt voor het produceren van elektriciteit. Ook stikstofoxiden die ontstaan in de motoren van auto's, vrachtwagens, bromfietsen, schepen en vliegtuigen verzuren het milieu.

### BROEIKASEFFECT

Koolstofdioxide dat ontstaat bij verbranding van brandstoffen voor de verwarming thuis en bij de verbranding van benzine en dieselolie in auto's, vrachtwagens, bromfietsen, schepen en vliegtuigen wordt gezien als de 'boosdoener' voor het *broeikaseffect*.

### GAT IN DE OZONLAAG

Chloorfluorkoolwaterstoffen (cfk's) die in koelkasten, schuimplastic en spuitbussen werden gebruikt, zijn in de atmosfeer gekomen en hebben daar gereageerd met ozon. Hierdoor is de *ozonlaag* steeds dunner geworden.

### AANTASTING VAN HET MILIEU

Door de zure regen worden gebouwen, planten en bomen aangetast. Het leven voor planten en dieren in meren en plassen wordt moeilijker.

Door het broeikaseffect kunnen de ijskappen gaan smelten, waardoor de zeespiegel kan gaan stijgen. Bovendien regent het veel meer. Hierdoor kunnen overstromingen ontstaan.

Door het gat in de ozonlaag komen gevaarlijke zonnestralen, die huidkanker veroorzaken.

De milieuverontreiniging kan wel worden vermindert, maar dat kost veel geld.

- 10** Leg uit waarom het zo moeilijk is om maatregelen te nemen tegen de uitstoot van zwaveldioxide, stikstofoxiden en koolstofdioxide.

- 11** Het is winter en je zit tv te kijken. Je draagt een T-shirt en een spijkerbroek. De verwarming staat aan, maar toch begin je het wat koud te krijgen.

**a** Wat ga je doen:

- een trui aantrekken;
- de verwarming hoger zetten?

**b** Leg uit waarom je die keuze maakt.

- 12** Wat kun je zelf doen om de uitstoot van stikstofoxiden te verminderen?

- 13** Leg uit waarom het niet verstandig is om in de zomer tussen elf en drie uur te gaan zonnebaden.

- 14** Onlangs is een Japans instituut erin geslaagd methanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) te maken uit koolstofdioxide en waterstof. Bij deze reactie ontstaat behalve methanol ook water.

De waterstof kan worden gemaakt door methaan uit afvalbergen te laten reageren met stoom,  $\text{H}_2\text{O(g)}$ .

**a** Geef de vergelijking van de productie van methanol op deze manier.

**b** Welk milieuprobleem zal verminderen, als er een fabriek wordt gebouwd die op deze manier methanol maakt?

**c** De productie van waterstof:



Neem deze vergelijking over en maak hem kloppend.

## H2 Structuurformules en isomerie

### Structuurformules

De *algemene formule* van de alkanen is  $C_nH_{2n+2}$ .  $n$  slaat op het aantal koolstofatomen. Zijn er bijvoorbeeld 3 koolstofatomen, dan is  $n = 3$  en zijn er  $2 \times 3 + 2 = 8$  waterstofatomen. Alkanen worden *verzadigde* koolwaterstoffen genoemd, omdat alle C-atomen gebonden zijn met vier andere atomen.

Er zijn nog veel meer alkanen, maar de namen en formules in de tabel van figuur 24 moet je uit je hoofd kennen.

FIG. 24 Formules en namen van alkanen.

$n$	formule: $C_nH_{2n+2}$	naam
1	$CH_4$	methaan
2	$C_2H_6$	ethaan
3	$C_3H_8$	propaan
4	$C_4H_{10}$	butaan
5	$C_5H_{12}$	pentaan
6	$C_6H_{14}$	hexaan

De *structuurformule* van koolwaterstoffen met vertakte ketens moet je als volgt stap voor stap opstellen:  
 Stap 1: Zet de juiste hoeveelheid koolstofatomen zoals die volgt uit de naam van de hoofdketen, naast elkaar.

Stap 2: Zet er de juiste bindingsstreepjes tussen: voor alkanen steeds één streepje, voor alkenen zet je één keer twee streepjes boven elkaar.

Stap 3: Zorg ervoor dat er vier bindingsstreepjes aan elk koolstofatoom zitten.

Stap 4: Zet de zijketens bij de gegeven koolstofatomen. Herhaal deze stap als er verschillende soorten zijketens zijn.

PAS OP: Teken nooit *methyl*groepen aan het eerste of het laatste C-atoom.

- 1 Geef de structuurformule van 1,1,2-trifluorpropaan.
- 2 Geef de structuurformule van 2,3-dimethylpentaan.

De tabel van figuur 25 is een hulpmiddel om de *naam* van koolwaterstoffen snel te kunnen vinden.

FIG. 25 Naam: 2,3-dimethylbutaan

zijketen(s)			hoofdketen
Aan welke C-atomen zitten de zijketens?	Hoeveel zijketens zijn er?	Welke namen hebben de zijketens?	Wat is de naam van de hoofdketen?
Zet nummers bij de C-atomen van de hoofdketen.			De hoofdketen is de <i>langste</i> keten.
aan 2 en 3	twee = di	methyl	butaan

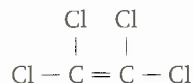
- 3 In figuur 26 zie je een tekenkje dat op het wasmerkje van bepaalde kleding staat. Het betekent dat het kledingstuk chemisch gereinigd kan worden met het ontvettingsmiddel perchloorethyleen. De structuurformule van perchloorethyleen staat in figuur 27.

- a Geef de juiste naam voor perchloorethyleen.
- b Een ander ontvettingsmiddel is trichlooretheen. Geef daarvan de structuurformule.

FIG. 26 Chemisch reinigen.



FIG. 27 Structuurformule van 'perchloorethyleen'.



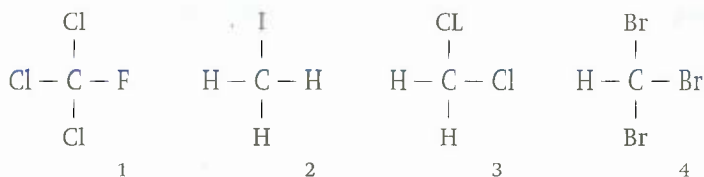


FIG. 28 Vier structuurformules.

- 4 In figuur 28 staan vier structuurformules. Figuur 29 toont vier toepassingen van deze stoffen en de bijbehorende molecuulformules. Neem de tabel over, vul het nummer van de structuurformule uit figuur 28 in en geef de namen.

FIG. 29

toepassing	molecuulformule	nummer	naam
hoestdempend middel	$\text{CHBr}_3$	.....	.....
blusmiddel	$\text{CCl}_3\text{F}$	.....	.....
in lasers	$\text{CH}_3\text{I}$	.....	.....
oplosmiddel voor verf	$\text{CH}_2\text{Cl}_2$	.....	.....

- 5 Geef de juiste structuurformule van pentaan.

- 6 Is de molecuulformule van 2-methylbutaan ook  $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ?

### Isomerie

Isomeren zijn stoffen met dezelfde molecuulformule, maar met een verschillende structuurformule.

- 7 **a** Geef de namen van de stoffen uit figuur 30.  
**b** Leg uit waarom de twee stoffen uit figuur 30 isomeren zijn.
- 8 Leg uit of 2,2-dimethylpropana en 2-methylbutaan isomeren zijn.

Bij het tekenen van isomeren worden snel fouten gemaakt. In figuur 31 staan twee 'foute' structuurformules van  $\text{C}_5\text{H}_{12}$  getekend. Zorg er altijd voor, dat de langste koolstofketen *recht* getekend is.

FIG. 30 Twee isomeren van butaan.

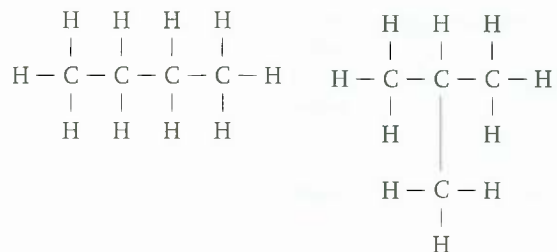
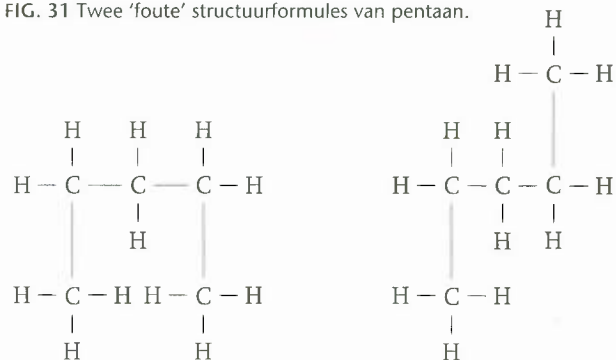


FIG. 31 Twee 'foute' structuurformules van pentaan.



# H3 Kraken van aardolie

## Kraakproces

Bij het *kraakproces* worden grote moleculen in kleine moleculen gebroken. Bij kraken ontstaan altijd *alkanen* en *alkenen* (figuur 32).

- 1 Een hoeveelheid  $C_9H_{20}$  wordt gekraakt in propen en nog een andere stof.  
Geef de molecuulformule en de naam van die stof.

- 2 Zoek in T5 op waarom kraken zo'n belangrijk proces is.

- 3 Een hoeveelheid  $C_{13}H_{28}$  wordt gekraakt. Men regelt de temperatuur, de druk en de toevoeging van katalysatoren zo, dat er 2-methylhexaan ontstaat en verder nog één andere stof.

a Geef de vergelijking van deze reactie met molecuulformules.

b Geef de structuurformules van de reactieproducten.

## Reacties met alkenen

Alkenen kunnen verbrand worden, waarbij dezelfde reactieproducten ontstaan als bij de verbranding van alkanen. Er ontstaan dus bij *volledige* verbranding van alkenen koolstofdioxide en water en bij *onvolledige* verbranding koolstofmono-oxide en water.

Alkenen kunnen ook reageren met waterstof of met halogenen (voornamelijk chloor of broom, soms fluor). Er ontstaan dan *halogeenalkanen*.

De *algemene formule* van alkenen is  $C_nH_{2n}$ . Een alkeen heeft dus twee H-atomen minder dan een alkaan. Een alkeen heeft twee 'lege plaatsen'. Omdat alkenen deze lege plaatsen hebben, worden ze *onverzadigd* genoemd.

De twee lege plaatsen die een alkeen heeft, kunnen 'opgevuld' worden met waterstof- of halogeenatomen (figuur 33). De dubbele binding wordt dan verbroken.

FIG. 32 Kraken.

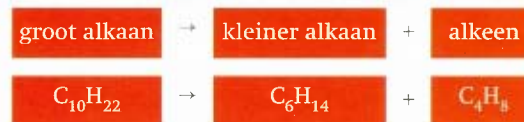
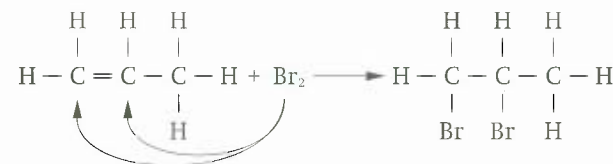


FIG. 33 De twee lege plaatsen worden opgevuld met halogeenatomen.



- 4 a Geef de reactievergelijking in structuurformules van de reactie tussen 1,1-dibroompropen en broom.

b Geef ook de naam van het reactieproduct.

- 5 Gegeven zijn twee organische verbindingen:



Welke van deze verbindingen is onverzadigd?

- A geen van beide verbindingen  
B alleen verbinding 1  
C alleen verbinding 2  
D zowel verbinding 1 als verbinding 2

(Mavo-D-eindexamen 1990-I)

- 6 Geef de reactievergelijking voor de verbranding van penteen.
- 7 Geef de structuurformule van 1,2-dichloorbuteen.
- 8 Hoeveel waterstofatomen bevat 1,1,2-trichloorpropen?



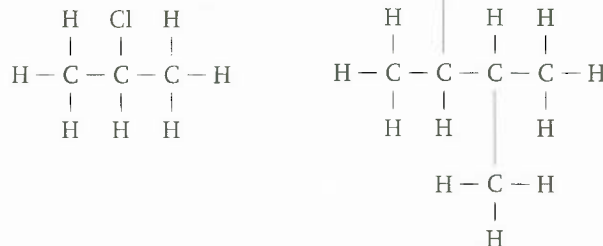
# HE Examentraining

- 1 Een heel erg belangrijk gas voor de industrie is synthesesgas. Het is een mengsel van koolstof-mono-oxide en waterstof.  
Synthesegas ontstaat bij de reactie tussen methaan en stoom (waterdamp).  
Geef de formules van de gasen in synthesesgas.
- 2 Men laat etheen reageren met waterstofchloride en zuurstof. Er ontstaan dan 1,2-dichloorethaan en water.
  - a Stel de structuurformules op van etheen en 1,2-dichloorethaan.
  - b Stel de reactievergelijking op. Schrijf daarbij de koolwaterstoffen op met structuurformules, de andere stoffen met molecuulformules.
- 3 Als van 1,2-dichloorethaan de stof chlooretheen gemaakt wordt, reageert steeds één molecuul 1,2-dichloorethaan tot één molecuul chlooretheen. Behalve chlooretheen ontstaat nog één andere stof.
  - a Stel de structuurformule op van chlooretheen.
  - b Geef de naam van de stof die ook nog ontstaat bij deze reactie.
  - c Stel de reactievergelijking op met structuurformules.
- 4 Men laat 2-methylpropeen reageren met waterstof.
  - a Geef de structuurformule van de stof die dan ontstaat.
  - b Geef de naam van de stof die dan ontstaat.

- 5 Bekijk de structuurformules van figuur 34.

- a Geef de namen van de stoffen met deze structuurformules.
- b Geef de naam van een stof die isomeer is met de stof links.

FIG. 34



3 10/10