

2 Brandstoffen

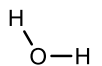
Praktijk Biobrandstoffen

vragen

- Het terugdringen van de CO₂-uitstoot remt de economie. Een grote economische groei versterkt de mondiale positie van China. China is er dus niet bij gebaat de economische groei te remmen.
- De elektrische infrastructuur in Nederland is zo goed dat elk huishouden aangesloten is op het elektriciteitsnet. In veel tweede- en derdewereldlanden is dit nog lang niet het geval en wordt de elektriciteit vaak meerdere keren per dag onderbroken.
- de molecuulbinding of vanderwaalsbinding
- Iso-octaan is in tegenstelling tot n-heptaan een vertakt molecuul. Hierdoor is het oppervlakte relatief klein en dus de vanderwaalskracht relatief laag.
- Iso-octaan heeft de hoogste ontbrandingstemperatuur. Het heeft de beste rijeigenschappen dus ontbrandt pas spontaan bij zeer hoge temperaturen.
- Euro 95 heeft dezelfde klopvastheid als een mengsel van 95% iso-octaan en 5% n-heptaan.
- bijvoorbeeld n-octaan:

$$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$$
- bijvoorbeeld tetramethylbutaan:

$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\ | \quad | \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ | \quad | \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$$
- Methaan is gasvormig bij kamertemperatuur. Er zou per slag veel te weinig brandstof in de cilinder komen.
- C₅₀H₁₀₂ is vast bij kamertemperatuur. Een vaste stof kun je niet de cilinder inspuiten.
- C₆H₁₂O₆ → 2 C₂H₆O + 2 CO₂. Er komt koolstofdioxide vrij.
- De gisten worden afgescheiden met behulp van filtratie. Dan kan het alcohol gescheiden worden van het water door middel van destillatie.
- In cellulose zijn de ringen verbonden door een enkel O-atoom. In glucose zaten op die posities OH-groepen. Hieruit volgt dat per binding één O-atoom en twee H-atomen vrij komen. Er ontstaat dus water,



- 14 Oliemoleculen zijn erg groot. Ze hebben een te lage ontbrandingstemperatuur en een te hoog vlampunt.
- 15 Eerste generatie biobrandstoffen worden gewonnen uit voedingsgewassen en concurreren dus direct met de voedselproductie. Tweede generatie biobrandstoffen worden gewonnen uit oneetbare delen van de plant of oneetbare gewassen. De derde generatie biobrandstoffen, zoals biodiesel uit algen, heeft helemaal niets meer met voedselgewassen te maken.
- 16 Het klimaat in Nederland is niet al te warm en er is eerder ruimtegebrek dan een overschot aan land. De teelt van energierijke gewassen lijkt dus niet snel lucratief. Investeren in manieren om biobrandstoffen te halen uit restafval is waarschijnlijk verstandiger.
- 17 eigen antwoord

onderzoeksopdracht

- 18 a eigen antwoord
 b eigen antwoord
 c -
 d eigen antwoord
 e eigen antwoord
 f eigen antwoord

Praktijk Van T-Ford naar Formule-1

vragen

- 1 Het is een wat langer onvertakt alkaan en die hebben meestal lage octaannummers en dus een hoge mate van zelfontbranding. Dit veroorzaakt het “kloppen” van de motor wat tot motorschade kan leiden.
- 2 a $1000 \text{ g} / 100,2 \text{ g mol}^{-1} = 10,0 \text{ mol kg}^{-1}$ heptaan $\cdot 4,8 \text{ MJ mol}^{-1} = 48 \text{ MJ kg}^{-1}$
 $1000 \text{ g} / 114,2 \text{ g mol}^{-1} = 8,76 \text{ mol kg}^{-1}$ iso-octaan $\cdot 5,5 \text{ MJ mol}^{-1} = 48 \text{ MJ kg}^{-1}$
 $1000 \text{ g} / 92,14 \text{ g mol}^{-1} = 10,85 \text{ mol kg}^{-1}$ toluen $\cdot 3,9 \text{ MJ mol}^{-1} = 42 \text{ MJ kg}^{-1}$
 b heptaan: $48 \text{ MJ kg}^{-1} \cdot 0,6795 \text{ kg L}^{-1} = 33 \text{ MJ L}^{-1}$
 iso-octaan: $48 \text{ MJ kg}^{-1} \cdot 0,692 \text{ kg L}^{-1} = 33 \text{ MJ L}^{-1}$
 toluen: $42 \text{ MJ kg}^{-1} \cdot 0,870 \text{ kg L}^{-1} = 37 \text{ MJ L}^{-1}$
 c heptaan en iso-octaan
 d Toluene
- 3 a C_8H_{18}
 b $2 \text{C}_8\text{H}_{18} + 25 \text{O}_2 \rightarrow 16 \text{CO}_2 + 18 \text{H}_2\text{O}$
 c molmassa O_2 : $32,00 \text{ g mol}^{-1}$
 molmassa CO_2 : $12,01 + 32,00 \text{ g mol}^{-1} = 44,01 \text{ g mol}^{-1}$
 d 2 mol iso-octaan reageert met 25 mol zuurstof. In massa is de verhouding:
 $2 \cdot 114,2 \text{ g} : 25 \cdot 32,00 \text{ g} = 228,4 \text{ g} : 800 \text{ g} = 1,0 \text{ g} : 3,50 \text{ g}$
 e 2 mol iso-octaan levert 16 mol koolstofdioxide. In massa is de verhouding:
 $228,4 : 16 \cdot 44,01 = 228,4 \text{ iso-octaan} : 704 \text{ g CO}_2 = 1 : 3,08$, dus 3,08 kg CO_2 komt vrij bij de verbranding van 1,0 kg iso-octaan.
 f $1,0 \text{ g} : 3,50 \text{ g}$ dus 1,0 kg iso-octaan heeft 3,50 kg zuurstof nodig.

- 4 Er zijn meerdere mogelijkheden: Het toevoegen van additieven zoals MBTE of EBTE, of het toevoegen van iso-octaan of toluen. In al deze gevallen zal het octaangetal stijgen.
- 5 Vaak heeft een raffinaderij een overvloed aan onvertakte alkanen uit de aardoliedestillatie op voorraad. De meest goedkope manier is om een beetje van dit destillaat toe te voegen totdat het octaangetal op de juiste waarde is. Ook kan men onvertakte alkanen direct toevoegen.
- 6 Een verbrandingsreactie is een exotherme reactie. Dan is het energieverval tussen de beginstoffen en reactieproducten altijd negatief.
- 7 $2 \text{CH}_3\text{NO}_2 \rightarrow 2 \text{CO} + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2 + \text{N}_2$
- 8 a $4 \text{CH}_3\text{NO}_2 + 3 \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{N}_2$
b $4 \text{CH}_3\text{NO}_2 + 7 \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{NO}_2$
- 9 a 4 mol nitromethaan reageert met 3 mol zuurstof. In massaverhouding dan:
 $4 \cdot (12,01 + 3 \cdot 1,008 + 14,01 + 3 \cdot 16,00) : 3 \cdot 32,00 = 61,04 \cdot 3 : 32,00 \cdot 3 = 61,04 : 32,00 = 1 : 0,52$. Dit betekent dat er 0,52 kg zuurstof nodig is voor de verbranding van 1 kg nitromethaan
- b 0,52 kg zuurstof zit in $\frac{100}{23} \cdot 0,52 = 2,3$ kg lucht.
- c Een verklaring kan zijn dat een deel van de nitromethaan zonder zuurstof ontleedt. Dan is er relatief minder zuurstof nodig.

onderzoeksopdracht

- 10 eigen antwoord

Theorie

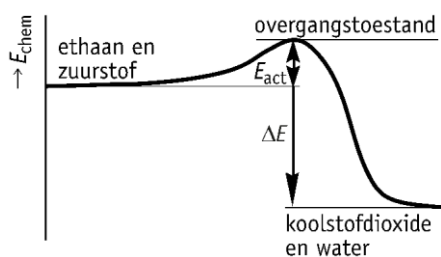
1 Verbranding

- 1
 - a Er worden molecuulbindingen verbroken. Dit kost energie. Het is dus een endotherme reactie.
 - b De ontleding van water verloopt alleen wanneer er elektrische energie wordt toegevoegd. Het is dus een endotherm proces.
 - c Bij het verbranden van hout komt warmte en licht vrij. Het is dus een exotherm proces.
 - d Bij het stollen van kaarsvet komen de moleculen dicht bij elkaar waardoor de molecuulbinding zo sterk wordt dat de moleculen zich schikken in een molecuulrooster. Er wordt een sterkere binding gevormd. Het proces is dus exotherm.

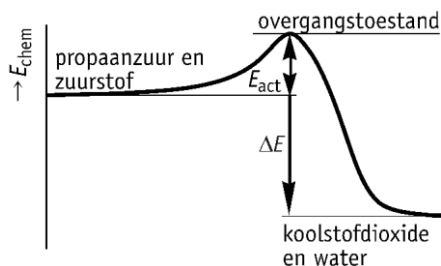
- 2
 - a Chemische energie wordt warmte en licht.
 - b Elektrische energie wordt chemische energie.
 - c Stralingsenergie wordt chemische energie.
 - d Chemische energie wordt warmte (en arbeid).

- 3
 - a De verbranding van aardgas is een exotherm proces met een redelijke activeringsenergie: diagram B.
 - b De elektrolyse van vloeibaar natriumchloride is een endotherm proces dat omgekeerd spontaan en explosief gebeurt: diagram D.
 - c Fotosynthese is een endotherm proces. Omgekeerd kent de verbranding van glucose activeringsenergie: diagram C.
 - d Bij het spontaan en explosief ontleiden van nitroglycerine komt energie vrij. Het is een exotherm proces dat nauwelijks activeringsenergie kent: diagram A.

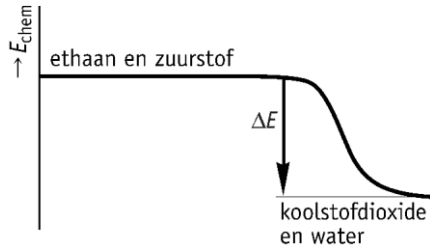
- 4
 - a $2 \text{C}_2\text{H}_6(\text{g}) + 7 \text{O}_2(\text{l}) \rightarrow 4 \text{CO}_2(\text{g}) + 6 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 - b $2 \text{C}_3\text{H}_8(\text{l}) + 7 \text{O}_2(\text{l}) \rightarrow 6 \text{CO}_2(\text{g}) + 6 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 - c ethaan bij kamertemperatuur:



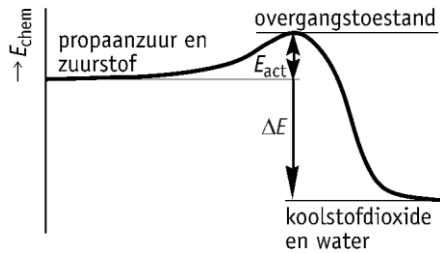
propaan zuur bij kamertemperatuur:



- d Propan zuur heeft een hoger kookpunt dan ethaan. Daardoor is er bij kamertemperatuur energie nodig om de stof in de gasfase te brengen. Ook bevat propaan zuur zuurstofmoleculen, waardoor het moeilijker ontbrandt. Om deze redenen is ook de activeringsenergie hoger.
- e ethaan bij 472 °C:



propaanzuur bij 472 °C:



5 a 74 kcal is volgens het etiket gelijk aan 4% van de dagelijkse behoefte. $\frac{74}{4} \cdot 100 = 2 \cdot 10^3$ De dagelijkse behoefte staat gelijk aan $1 \cdot 10^3$ kcal.

b $1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J}$. $2 \cdot 10^3 \cdot 4,184 = 8 \cdot 10^3 \text{ J}$

c $\frac{8 \cdot 10^3 \cdot 1000}{9,8} = 8 \cdot 10^5 \text{ J kg}^{-1}$

6 a $\text{CH}_4(\text{g}) + 2 \text{O}_2(\text{l}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

b De stookwaarde van Gronings aardgas bedraagt $32 \cdot 10^6 \text{ J m}^{-3}$. Bij de verbranding van $2,50 \text{ m}^3$ aardgas komt $2,50 \cdot 32 \cdot 10^6 = 80 \cdot 10^6 \text{ J}$ vrij.

c Bij het condenseren van water worden bindingen gevormd. Het vormen van bindingen is een exotherm proces. Wanneer het gevormde water als vloeibaar water vrijkomt is de stookwaarde dus hoger.

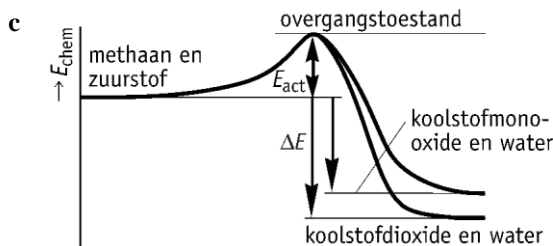
+7 a De verbrandingswarmte is gegeven in joule per mol. Maltose en sacharose zijn disachariden en bestaan uit twee ringen. Glucose en galactose slechts uit één ring. Het is aannemelijk dat er in een kleiner molecuul minder energie zit opgeslagen dan in een groot molecuul.

b Ribose bestaat uit slechts vijf C-atomen en glucose uit zes.

c Fructose bestaat net als glucose uit 6 C-atomen. De verbrandingswarmte zal dus in de buurt liggen van die van glucose: ongeveer $28 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$. Lactose bestaat net als maltose uit twee ringen met 6 C-atomen. De verbrandingswarmte zal dus in de buurt liggen van die van maltose: ongeveer $56 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$.

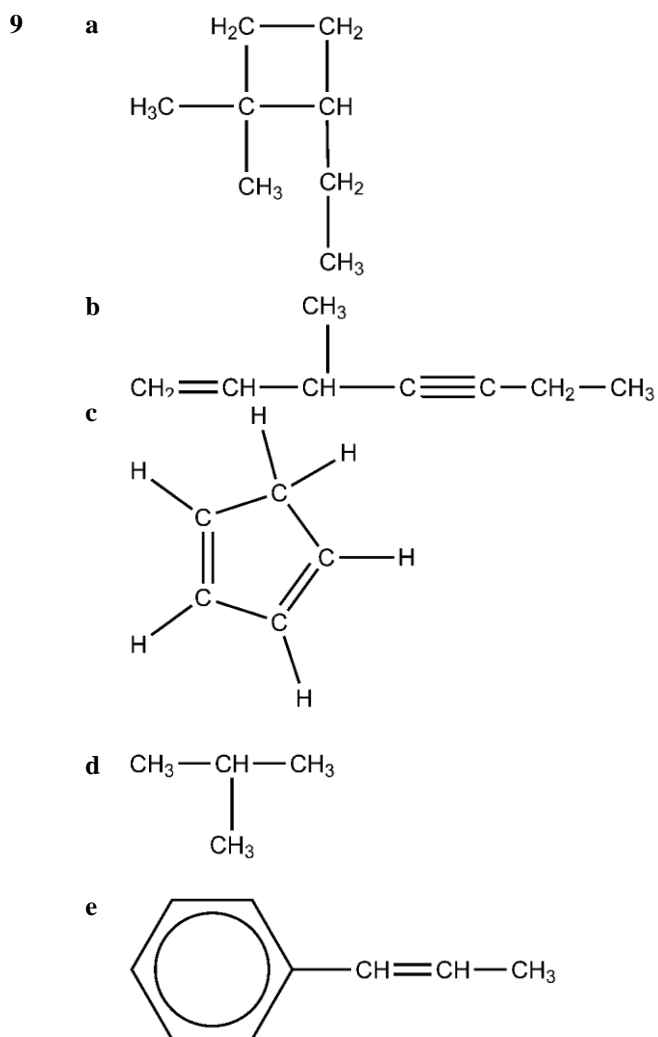
8 a $2 \text{CH}_4 + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO} + 4 \text{H}_2\text{O}$

b Dat geldt ook voor koolmono-oxide, want ook CO kan nog verbrand worden: $2 \text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO}_2$.



d Om koolmono-oxidevergiftiging te voorkomen is het belangrijk altijd te zorgen voor voldoende en goede ventilatie. Een koolmono-oxidemelder kan waarschuwen wanneer er toch een gevaarlijke concentratie CO ontstaat.

2 Naamgeving koolwaterstoffen



10 De zijketen wordt dan onderdeel van de hoofdketen. De hoofdketen wordt dus verlengd met de ketenlengte van de alkylgroep.

- 11
- a 4-methylhex-1-yn
 - b 1-methyl-3-propylbenzeen
 - c 3-methylcycloprop-1-een
 - d 3-butylhexa-1,5-dieen

- 12
- a C_{10}H_8
 - b $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}_5$
 - c C_7H_{14}

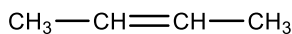
13 Alle verbindingen bevatten zes C-atomen. Hexaan is verzadigd en niet-cyclisch en bevat dus de meeste H-atomen. Het juiste antwoord is antwoord B.

- 14
- a $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$
 - b $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$
 - c $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$

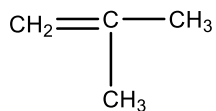
15



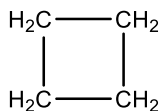
but-1-een



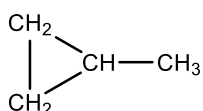
but-2-een



methylpropeen



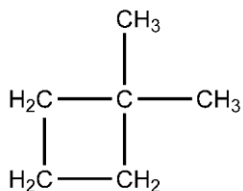
cyclobutaan



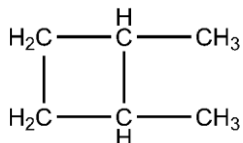
methylcyclopropan

16 a Als er zich maar één substituent aan een cyclische verbinding bevindt, zit deze altijd op plaats 1.

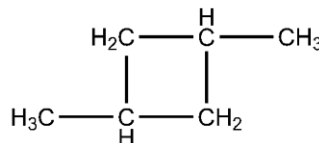
b



1,1-dimethylcyclobutaan



1,2-dimethylcyclobutaan



1,3-dimethylcyclobutaan

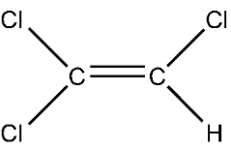
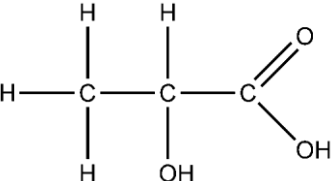
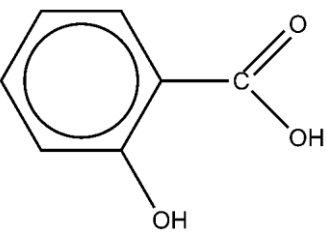
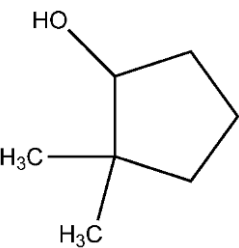
+17 a 2,2,4-trimethylpentaan

b Een octaangehalte van 95 impliceert dat er daadwerkelijk 95% octaan inzit. Dat is niet zo.

c Iso-octaan heeft een grotere molecuulmassa dan heptaan maar even zwakke vanderwaalskrachten doordat het een vertakt molecuul is. Het contactoppervlak is daardoor relatief kleiner.

d Bij hogere temperaturen gaan de moleculen sneller triller. Bij een langgerekt molecuul komt er dan meer kracht te staan op een atoombinding dan bij een compact molecuul doordat de uiteinden verder uit kunnen zwiepen. Vergelijk het met ongekookte pasta: spaghetti breekt gemakkelijker dan penne rigate.

3 Karakteristieke groepen

- 18
- a 
- b 
- c 
- d 
- e
$$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ | \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \end{array}$$

- 19
- a 3-methylbut-3-eenzuur
 b 3,5-dimethylbenzeencarbonzuur
 c 3-amino-3-chloorbutaan-2-ol
 d 1,2-difluorcyclobuteen
 e 4-ethylhexaan-2-amine

20 Onverzadigd betekent dat er dubbele bindingen in voor moeten komen. Alifatisch geeft aan dat er geen benzeenring aanwezig is. Het juiste antwoord is antwoord B.

- +21
- a 1,2,3,3,3-pentafluorpropeen
 b De letters geven aan uit welke elementen de CFK bestaat: waterstof (H), chloor (C), fluor (F) en koolstof (C). De C die voor de F komt slaat dus op chloor en niet op koolstof. De codes in de linkerkolom van tabel 6 kunnen worden verklaard met Binas tabel 66A voetnoot 2, met uitzondering van HCF-1225.
 c Deze code wordt gemakkelijker leesbaar door steeds 90 bij de cijfers op te tellen. Dan ontstaan de volgende codes:

2 Brandstoffen

verkorte naam	cijfers + 90	formule
CFC-12	CFC-102	CCl_2F_2
HCFC-22	HCFC-112	CHClF_2
HFC-134	HFC-224	$\text{CHF}_2\text{-CHF}_2$
HFC-134	HFC-224	$\text{CH}_2\text{F-CF}_3$
HFC-1225	HFC-1315	CHF=CF-CF_3

Het laatste getal blijkt steeds het aantal fluoratomen te zijn. Het getal ervoor is het aantal H-atomen. Het getal daarvoor geeft het aantal C-atomen aan. Het getal daarvoor geeft het aantal dubbele bindingen weer. Deze naamgeving is niet sluitend. Zo kan het voorkomen dat HFC-134 de naam is voor twee verschillende verbindingen.

d Er ontstaat zuurstof, O_2 .

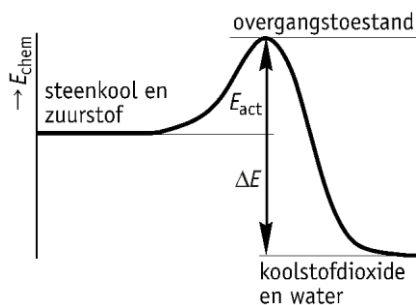
4 Fossiele brandstoffen

- 22 a $2C_{135}H_{90}O_9NS + 308 O_2 \rightarrow 270 CO_2 + 90 H_2O + N_2 + 2 SO_2$
- b Door te spreken van een molecuulformule suggereer je dat er steeds setjes van 135 C-atomen, 90 H-atomen, 9 O-atomen, één N- en één S-aatoom met elkaar verbonden zijn in een molecuul. Dat is niet zo. De atomen zijn allemaal met elkaar in een willekeurig opgebouwd netwerk verbonden, waarin de atomen voorkomen in de verhouding 135:90:9:1:1.
- c Omdat steenkool niet uit moleculen bestaat, is er ook geen vaste temperatuur waarbij moleculen uit het rooster kunnen breken of helemaal los van elkaar komen.
- d Bij extreem hoge temperatuur worden de atoombindingen verbroken. Steenkool ontleedt dan.
- e Bij een verzadigde koolwaterstof (C_nH_{2n+2}) komen op 135 C-atomen 272 H-atomen voor. In steenkool slechts 90. Steenkool zal dus veel dubbele bindingen moeten bevatten.
- 23 De vorming van aardolie, aardgas en steenkool vindt plaats onder hoge druk en temperatuur. Hierbij worden de organische moleculen gedeeltelijk ontleed. Dit is een endotherm proces.
- 24 a Aardgas met een stookwaarde boven de $35,8 MJ m^{-3}$ zal relatief veel ethaan en propaan bevatten. Deze gassen hebben een hogere energie-inhoud.
- b Aardgas met een stookwaarde onder de $35,8 MJ m^{-3}$ zal relatief veel stikstof en koolstofdioxide bevatten. Deze gassen dragen niet bij aan de stookwaarde.

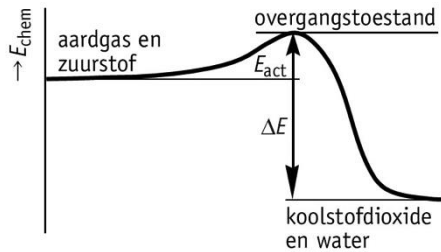
+25 In 1 kg ruwe olie bevindt zich:

element	n	mol%
C	$\frac{800}{12,01 g mol^{-1}} = 67 mol; \frac{870 g}{12,01 g mol^{-1}} = 73 mol; 67-73 mol$	$\frac{67}{1,9 \cdot 10^2} \cdot 100 = 35\%; \frac{73}{1,9 \cdot 10^2} \cdot 100 = 38\%; 35-38\%$
H	$10 \cdot 10^1 - 14 \cdot 10^1 mol$	52-72%
N	0,1-2 mol	0,05-1%
O	0,03-0,9 mol	0,02-0,5%
S	0,02-2 mol	0,01-1%
totaal	$\sim 1,9 \cdot 10^2 mol$	

- 26 a Aardgas is, zoals de naam al aangeeft, een gas. De energie-inhoud per m^3 is daardoor niet zo groot. Om voldoende brandstof mee te kunnen nemen om een redelijke afstand af te leggen moet het gas vloeibaar gemaakt worden. Dit vereist allerlei technische aanpassingen.
- b Steenkool is een vaste stof. Het heeft weliswaar een grote energie-inhoud, maar komt niet zo gemakkelijk tot ontbranding en is ook lastig te 'tanken'.
- c De activeringsenergie van steenkool is veel hoger dan die van aardgas.



aardgas:



- d** 1 Het komt heel gemakkelijk tot ontbranding.
 2 Het geeft niet zoveel rommel.
 3 De brandstoftoevoer (en dus de warmteafgifte) is heel eenvoudig te regelen.
 4 Er komt vrijwel geen roet vrij.

- 27**
- a** $\text{CO} + 2 \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4\text{O}$
- b** $\text{CH}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2$
- c** $\text{CO}_2 + 3 \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4\text{O} + \text{H}_2\text{O}$
- d** Methanol en het bijproduct water zijn beide vloeistoffen. Water heeft een veel hoger kookpunt dan methanol. Destillatie is dus een geschikte scheidingsmethode.
- +28**
- a** $\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 \rightarrow 2 \text{NH}_3$
- b** Er wordt in de reactie meer waterstof dan stikstof gebruikt. Het oorspronkelijke mengsel zal dus relatief meer waterstof bevatten dan het mengsel in de recyclestream.
- c** Door te koelen wordt een soort omgekeerde destillatie uitgevoerd. Door te koelen tot onder het kookpunt van ammoniak (240 K) maar ruim boven het kookpunt van stikstof (77 K) kan het ammoniakgas eenvoudig worden afgescheiden. Men zal dus tot ongeveer 230 K koelen.
- d** Ammoniak kan in tegenstelling tot stikstof waterstofbruggen vormen.
- e** Waterstof kan net als stikstof geen waterstofbruggen vormen en heeft daarnaast een kleine massa, waardoor ook de vanderwaalsbindingen erg zwak zijn.

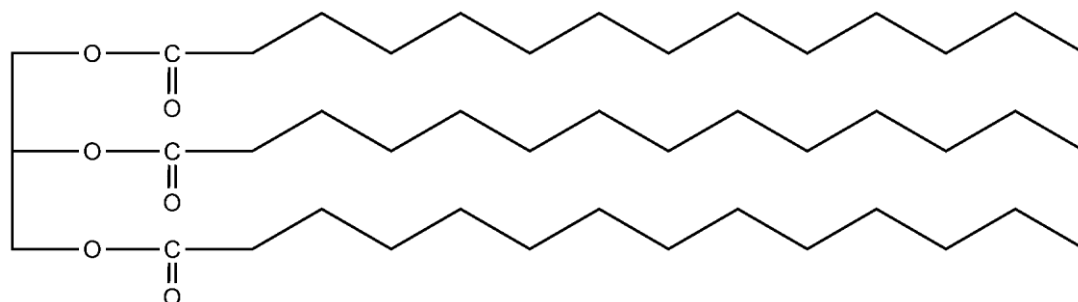
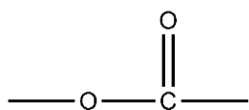
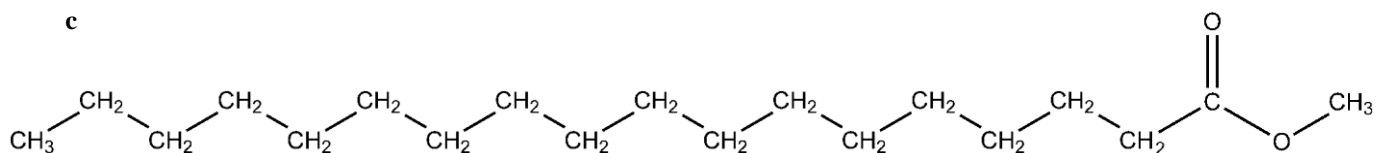
5 Milieueffecten

- 29**
- a** Er is zo veel natuurlijk water aanwezig op de planeet dat het zinloos is de hoeveelheid waterdamp te willen verminderen.
- b** Doordat de temperatuur gestegen is, heeft er meer verdamping van water plaatsgevonden.
- c** In de moerasgebieden in Siberië zit een grote hoeveelheid moerasgas (methaan) opgesloten. Door het smelten van de moerassen komt dat gas vrij, wat het broeikaseffect versterkt.
- 30**
- a** Voor het welzijn van de koeien is het op stal laten staan niet bevorderlijk.
- b** Wanneer iedereen wat minder vlees eet, zal de veestapel en dus ook de methaanproductie afnemen.
- 31** Elektriciteit is CO₂-neutraal wanneer het wordt opgewekt met behulp van CO₂-neutrale energiebronnen, zoals wind- en zonne-energie.
- +32**
- a** HCO₃⁻
- b** $4 \text{ CO}_2 + \text{Mg}_2\text{SiO}_4 + 4 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ Mg}^{2+} + 4 \text{ HCO}_3^- + \text{H}_4\text{SiO}_4$
- c** 180 megaton komt overeen met $180 \cdot 10^6 \cdot 1000 \text{ kg} = 180 \cdot 10^{12} \text{ gram}$
- $$\frac{180 \cdot 10^{12}}{44,01} = 4,09 \cdot 10^{12} \text{ mol CO}_2$$
- Om dit te binden is $\frac{1}{4} \cdot 4,09 \cdot 10^{12} = 1,022 \cdot 10^{12} \text{ mol Mg}_2\text{SiO}_4$ nodig.
- $$1,022 \cdot 10^{12} \cdot (2 \cdot 24,31 + 28,09 + 4 \cdot 16,00) = 1,44 \cdot 10^{14} \text{ gram Mg}_2\text{SiO}_4 \text{ nodig.}$$
- Dit komt overeen met $1,44 \cdot 10^8 \text{ ton}$.
- 33**
- a** $\text{CH}_4(\text{g}) + 2 \text{ O}_2(\text{l}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2 \text{ H}_2\text{O}(\text{l})$
- Per mol methaan komt dus één mol CO₂ vrij. Bij de verbranding van 1 m³ methaan komt
- $$\frac{1000}{24,5} = 40,8 \text{ mol CO}_2 \text{ vrij.}$$
- b** De stookwaarde van methaan bedraagt $35,8 \cdot 10^6 \text{ J m}^{-3}$.
- $$\frac{40,8}{35,8 \cdot 10^6} = 1,14 \cdot 10^{-6} \text{ mol CO}_2 \text{ per Joule.}$$
- c** In een mol steenkool, C₁₃₅H₉₀O₉NS, bevinden zich 135 mol C-atomen. Er ontstaat dus 135 mol CO₂ per mol steenkool.
- d** $\frac{1000}{(135 \cdot 12,01 + 90 \cdot 1,008 + 9 \cdot 16,00 + 14,01 + 32,06)} = 0,53 \text{ mol}$
- e** $135 \cdot 0,53 = 71 \text{ mol CO}_2$
- f** De stookwaarde van steenkool bedraagt $29 \cdot 10^6 \text{ J kg}^{-1}$.
- $$\frac{71}{29 \cdot 10^6} = 2,4 \cdot 10^{-6} \text{ mol CO}_2 \text{ per Joule.}$$

6 Duurzame brandstoffen

- 34**
- a** Een boom uit een regenwoud is vaak honderden jaren oud. Door de boom te kappen en te verbranden komt alle CO₂ die gedurende eeuwen is opgeslagen in korte tijd vrij. Het is dus niet CO₂-neutraal.
- b** Visafval zou normaal gesproken weggotten of verbrand worden in een verbrandingsoven. Bij beide processen komt CO₂ vrij. Door er biogas uit op te wekken wordt de energie die nog in het afval zit nuttig gemaakt. De CO₂ die bij de verbranding van het biogas vrijkomt is geen extra CO₂-belasting en het biogas is dus CO₂-neutraal.
- c** Waterstofgas wordt altijd gemaakt met behulp van een energiebron. Afhankelijk van de energiebron is waterstofgas CO₂-neutraal of niet.
- d** Sprokkelhout uit een oerbos was anders verrot. Bij het rottingsproces komt ook CO₂ vrij. Door het sprokkelhout te verbranden komt er dus geen extra CO₂ vrij. Het is CO₂-neutraal want de koolstof zit al in de koolstofkringloop.
- 35** Suikerriet, mais en tarwe zijn voedselgewassen. Door ze te gebruiken voor brandstofproductie kan de voedselprijs in tijden van schaarste stijgen.
- 36** De lucht van binnensteden is door de grote hoeveelheid verkeer vaak ernstig vervuild. Door bussen op waterstofgas of elektriciteit te laten rijden stoot het openbaar vervoer in ieder geval geen giftige gassen uit.
- 37**
- a** $C_2H_6O + 3 O_2 \rightarrow 2 CO_2 + 3 H_2O$
- b** Binas tabel 28B laat zien dat de stookwaarde van ethanol ongeveer 30% lager ligt dan die van benzine. Op een volle tank bio-ethanol kom je dan ook 30% minder ver dan op een volle tank benzine.

+38

a**b****c**

- d** Het ontstane molecuul bevat twee waterstofbrug-ontvangende groepen (O-atomen) op een groot hydrofoob gedeelte. Het zal slecht oplossen in water.

7 Petrochemische industrie

- 39 Aardoliefracties zijn mengsels, geen zuivere stoffen. De faseovergang zal niet bij één temperatuur plaatsvinden maar in een temperatuursgebied. Dit heet een kooktraject.
- 40
- a Door de kleinere molecuulmassa heeft methaan een zwakkere vanderwaalsbinding en dus een lager kookpunt. Methaan zal dus het hoogst van de kolom afkomen.
 - b Butaan en methylpropan hebben beide hetzelfde molecuulgewicht. Methylpropan is echter vertakt en zal dus door het kleinere oppervlak een zwakkere vanderwaalsbinding hebben. Methylpropan komt het hoogst van de kolom af.
 - c Pyrrol kan in tegenstelling tot cyclopenta-1,3-dieen waterstofbruggen vormen met zijn OH-groep. Het zal daardoor een hoger kookpunt hebben. Cyclopenta-1,3-dieen zal het hoogst van de kolom afkomen.
- 41
- a Destillatie is een scheidingsmethode. Er vindt een faseovergang plaats waarbij molecuulbindingen (in het geval van aardolie uitsluitend vanderwaalsbindingen) worden verbroken.
 - b Destillatie is geen chemische reactie: er worden geen atoombindingen verbroken.
 - c Tijdens het kraken worden atoombindingen verbroken.
 - d Kraken is een chemische reactie. Er worden atoombindingen verbroken en gevormd. Er ontstaan nieuwe stoffen.
- 42
- a Wanneer een koolwaterstofmolecuul breekt ontstaan er twee extra uiteinden. Daarvoor zijn twee extra H-atomen nodig. Aangezien die er niet zijn, ontstaat een dubbele binding.
 - b Een voorbeeld van een goed antwoord is: $C_5H_{12} \rightarrow C_2H_4 + C_3H_8$
 - c Door middel van destillatie.
 - d De laatste fractie mag gasvormig blijven. Dat is in dit geval methaan. Er moet gekoeld worden tot het moment dat etheen vloeibaar is en methaan nog gasvormig. Dat is bij 169 K (Binas tabel 12).
- 43
- a De brandstof bleef dan beter op het doelwit zitten, waardoor de kans op een succesvolle brandstichting groter was.
 - b Door de olie te verhitten werd hij vloeibaarder en dus gemakkelijker te pompen en tot ontbranding te brengen.
 - c Bij een onrustige zee en onstuimige wind was de kans veel te groot dat het eigen schip vlam vatte.
- 44
- a Bij het verbranden van zwavelhoudende brandstoffen ontstaat zwaveldioxide. Dit reageert in de lucht met zuurstof en water tot zwavelzuur en leidt zo tot het ontstaan van zure regen.
 - b
- ```

 H H H
 | | |
H — C — C — C — H
 | | |
 H S H
 |
 H

```
- c 3-aminopropaan-1-thiol en 1-mercaptoethaan-1-ol.
  - d  $CH_4S + H_2 \rightarrow CH_4 + H_2S$
  - e  $2 H_2S + O_2 \rightarrow 2 S + 2 H_2O$

## 8 Explosiviteit

- 45 a Zie Binas tabel 7A

$$V = V_m \cdot n; V = 24,5 \cdot 2,0 = 49 \text{ L}$$

$$\text{b } V = 24,5 \cdot 2,0 = 49 \text{ L}$$

$$\text{c } V = 24,5 \cdot 8,9 \cdot 10^{-1} = 22 \text{ L}$$

$$\text{d } V = 24,5 \cdot 8,9 \cdot 10^{-1} = 22 \text{ L}$$

46 a  $n = \frac{V}{V_m}; n = \frac{5,0}{24,5} = 0,20 \text{ mol}$

$$\text{b } n = \frac{5,0}{24,5} = 0,20 \text{ mol}$$

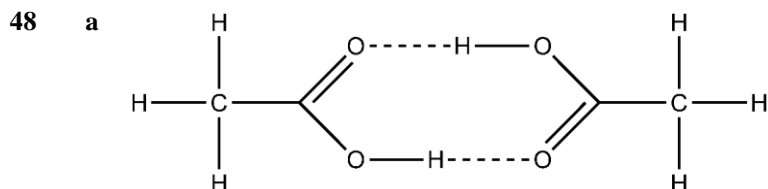
$$\text{c } n = \frac{6,98 \cdot 10^3}{24,5} = 285 \text{ mol}$$

$$\text{d } n = \frac{6,98 \cdot 10^3}{24,5} = 285 \text{ mol}$$

47 a  $n = \frac{3,76 \cdot 10^{-3}}{24,5} = 1,535 \cdot 10^{-4} \text{ mol. } m = 1,535 \cdot 10^{-4} \cdot (1,008 + 35,45) = 5,60 \cdot 10^{-3} \text{ gram}$

$$\text{b } n = \frac{5,7}{22,4} = 0,254 \text{ mol. } m = 0,254 \cdot (2 \cdot 19,00) = 9,7 \text{ gram}$$

$$\text{c } n = \frac{10,0 \cdot 10^3}{24,5} = 408,2 \text{ mol. } m = 408,2 \cdot (3 \cdot 16,00) = 19,6 \cdot 10^3 \text{ gram}$$



b Door de aanwezigheid van dimeren bevinden zich in de azijnzuurdamp minder gasdeeltjes dan wanneer er slechts monomeren aanwezig zouden zijn. Het gas neemt daardoor minder volume in. Het volume zal dus lager liggen dan  $34,7 \text{ dm}^3$ .

- 49 a De omrekenfactor van volume naar mol is voor elk gas gelijk. Volumeverhoudingen en molverhoudingen zijn daardoor aan elkaar gelijk.

b De massa van  $1,0 \text{ mol}$  lucht bedraagt  $0,209 \cdot 32,00 + 0,79 \cdot 28,02 = 28,8 \text{ gram}$ . (De massa van de overige  $0,001 \text{ mol}$  gassen kan verwaarloosd worden.) De massa van  $0,03 \text{ mol\% CO}_2$  bedraagt

$$3 \cdot 10^{-4} \cdot 44,01 = 0,013 \text{ gram. Massapercentage CO}_2 = \frac{0,013}{28,8} \cdot 100\% = 0,05\% .$$

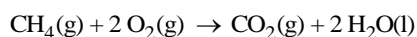
c In  $1 \text{ dm}^3$  buitenlucht bevindt zich  $\frac{1,0}{24,5} = 0,041 \text{ mol gas}$  .

Daarvan is  $20,9 \text{ volume\%}$  zuurstof. In  $1 \text{ dm}^3$  buitenlucht bevindt zich dus

$$\frac{0,041}{100} \cdot 20,9 = 8,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol zuurstof.}$$

d  $2,1 \cdot 10^6 \times 0,8 = 1,68 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  methaan wordt per uur verstoekt.

Dat komt overeen met  $\frac{1,68 \cdot 10^9}{24,5} = 6,86 \cdot 10^8 \text{ mol methaan}$ .



$2 \cdot 6,86 \cdot 10^8 = 1,37 \cdot 10^9$  mol zuurstof is nodig.

$$\frac{1,37 \cdot 10^9}{8,6 \cdot 10^{-3}} = 1,59 \cdot 10^{11} \text{ dm}^3, \text{ dus } 1,59 \cdot 10^8 \text{ m}^3 \text{ buitenlucht per uur.}$$

**+50 a**  $22,4 \text{ dm}^3 = k \cdot 273 \text{ K}; k = \frac{22,4}{273} = 0,0821 \text{ dm}^3 \text{ K}^{-1}$

**b**  $V_m = 0,0821 \cdot 573 = 47 \text{ dm}^3$

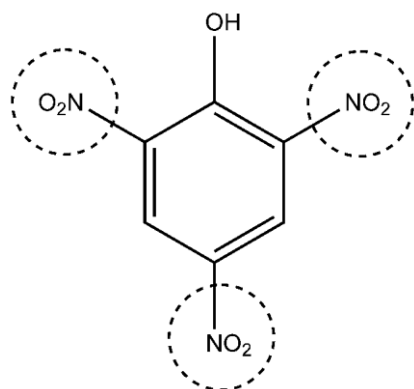
**c**  $V_m = 0,0821 \cdot 0 = 0 \text{ dm}^3$

**51** Ga uit van kamertemperatuur: 298 K.  $V_m$  is dan  $24,5 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ .

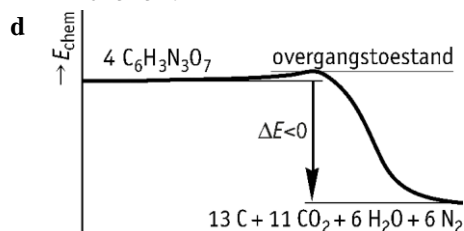
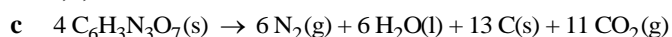
In  $70 \text{ dm}^3$  bevindt zich  $\frac{70}{24,5} = 2,86 \text{ mol}$  gas.

$$M = \frac{100 \text{ g}}{2,86 \text{ mol}} = 35,0 \text{ g mol}^{-1}. \text{ Dit zou fluorgas kunnen zijn.}$$

**52 a**



**b** 2,4,6-trinitrobenzenol.



**e**  $\frac{5}{(6 \cdot 12,01 + 3 \cdot 1,008 + 3 \cdot 14,01 + 7 \cdot 16,00)} = 0,022 \text{ mol picrinezuur. Hieruit ontstaat } \frac{17}{4} \cdot 0,22 = 0,93 \text{ mol gas.}$   
 $V = 0,093 \cdot 24,5 = 2 \text{ L gas.}$

**53 a**  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s}) + 6 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 6 \text{CO}_2(\text{g}) + 6 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

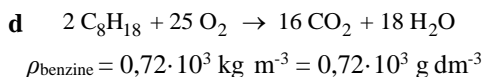
**b**  $12 \cdot 0,5 \cdot (0,209 - 0,162) = 0,282 \text{ L zuurstof per minuut.}$

$$\frac{0,282}{24,5} = 0,01 \text{ mol zuurstof per minuut.}$$

**c** Per mol glucose is zes mol zuurstof nodig.  $\frac{0,012}{6} = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ mol glucose. } 1,7 \cdot 10^{-3} \cdot 180,2 = 0,3 \text{ gram.}$



- +54 a** Bij 273 K en  $p=p_0$  zit er in 1 m<sup>3</sup> helium:  $\frac{178}{4,003} = 44,5$  mol He-atomen
- b**  $V_{bol} = \frac{4}{3}\pi r^3$ ;  $V_{He} = \frac{4}{3}\pi(99 \cdot 10^{-12})^3 = 4,06 \cdot 10^{-30}$  m<sup>3</sup>
- c**  $4,06 \cdot 10^{-30} \cdot 44,5 \cdot 6,022 \cdot 10^{23} = 1,09 \cdot 10^{-4}$  m<sup>3</sup>
- d**  $\frac{1,09 \cdot 10^{-4}}{1,0} \cdot 100 = 0,011\%$
- e** De ruimte die de moleculen in een gas zelf innemen is zo klein dat de grootte van het molecuul geen bijdrage levert aan de ruimte die het gas inneemt.
- 55 a** – Er komt minder CO<sub>2</sub> in de atmosfeer. CO<sub>2</sub> is een broeikasgas, de (versnelde) opwarming van de aarde wordt tegengegaan.  
– De voorraad fossiele brandstoffen raakt minder snel op.
- b**  $3 C_5H_{10}O_5 \rightarrow 5 CO_2 + 5 C_2H_6O$
- c** – Bij de productie van EcoEthanol kan de hele plant gebruikt worden. Bij de productie van ethanol uit maïs worden alleen de maïskorrels gebruikt.  
– De ontstane lignine kan geruikt worden als brandstof om de ketels te stoken voor de proceswarmte.



in 1,0 L benzine zit  $\frac{0,72 \cdot 10^3}{(8 \cdot 12,01 + 18 \cdot 1,008)} = 6,30$  mol benzine

6,30 mol benzine reageert tot  $8 \cdot 6,30 = 50,4$  mol CO<sub>2</sub>.

Dat is  $50,4 \cdot 44,01 = 2,2 \cdot 10^3$  g CO<sub>2</sub> = 2,2 kg CO<sub>2</sub>.

- e** Volgens het staafdiagram uit de bijlage is de CO<sub>2</sub>-emissie 3,12 kg per liter benzine. Bij de productie ontstaat dus  $3,12 - 2,2 = 0,9$  kg CO<sub>2</sub>.
- f** In het filtraat: water, ethanol. In het residu: gisten, plantenresten  
**g** Het ethanol kan van het water worden gescheiden door middel van destillatie.

### 56 eindopdracht – Nictroglycerine



**b** Uit één mol nitroglycerine ontstaat  $\frac{29}{4} = 7,25$  mol gas.

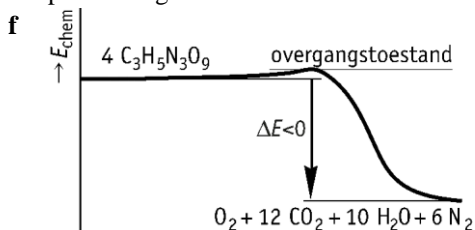
**c** Bij 298 K en  $p=p_0$

$5,0 \cdot 1,6 = 8,0$  kg nitroglycerine.  $\frac{8,0 \cdot 10^3}{(3 \cdot 12,01 + 5 \cdot 1,008 + 3 \cdot 14,01 + 9 \cdot 16,00)} = 35,2$  mol nitroglycerine.

$35,2 \cdot 7,25 = 255,4$  mol gas, dus  $255,4 \cdot 24,5 = 6,3 \cdot 10^3$  dm<sup>3</sup>

**d** Het volume neemt een factor  $\frac{6,3 \cdot 10^3}{5,0} = 1,3 \cdot 10^3$  toe.

**e** Doordat het een exotherme reactie is ontstaat er ook warmte. Het molair gasvolume is bij hoge temperaturen groter. De volumetoename dus ook.



- g** 1,2,3-trinitoxypropan
- h** Stikstofoxiden veroorzaken zure regen.