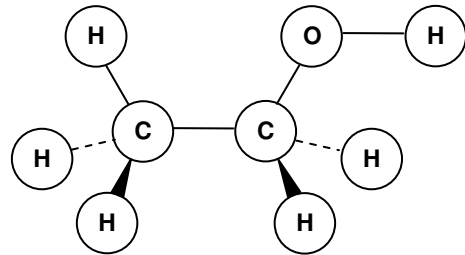
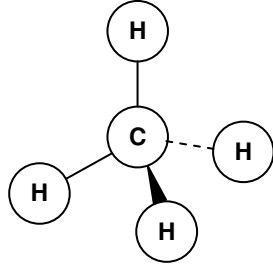
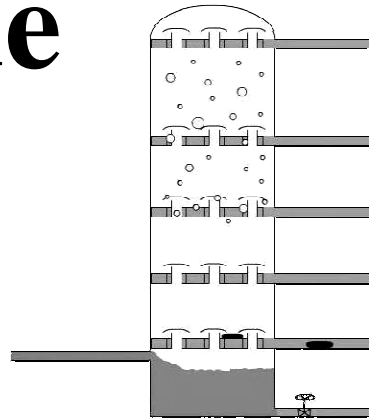
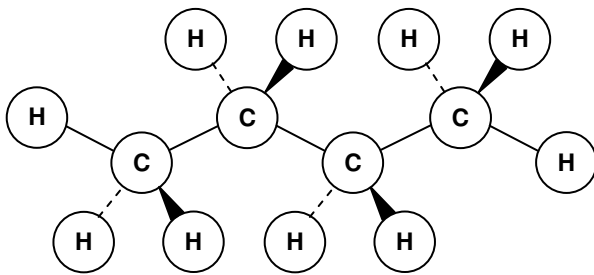


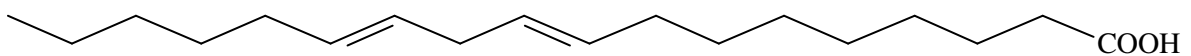
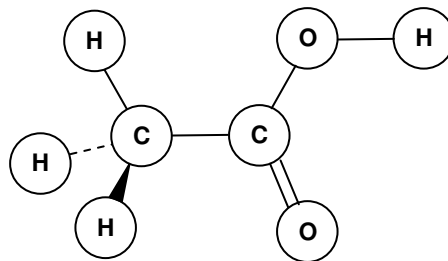
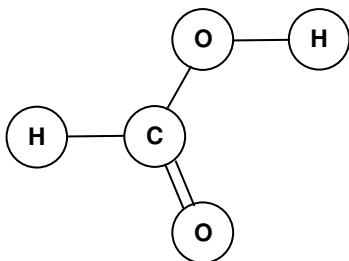
Een inleiding



in de



organische chemie



Werkblad voor 3-H/V

Inleiding

Organische chemie is de scheikunde van *organische stoffen*, van verbindingen met *koolstof*. Levende organismen worden grotendeels uit deze *koolstofverbindingen* gevormd, maar nog afgezien daarvan spelen ze ook een belangrijke rol in ons dagelijks leven. Denk maar eens aan fossiele brandstoffen (benzine, kerosine, aardgas, enz.), oliën, vetten, eiwitten, suikers, alcohol, kunststoffen, medicijnen, enz. Om alle soorten koolstofverbindingen die daarin voorkomen hier te behandelen gaat te ver, maar met een aantal zul je in dit werkblad kennis maken.

Inhoud

§ 1 Alkanen	3
§ 2 Fysische eigenschappen	7
§ 3 Aardolie.....	8
§ 4 Alcoholen.....	11
§ 5 Carbonzuren en vetten	14

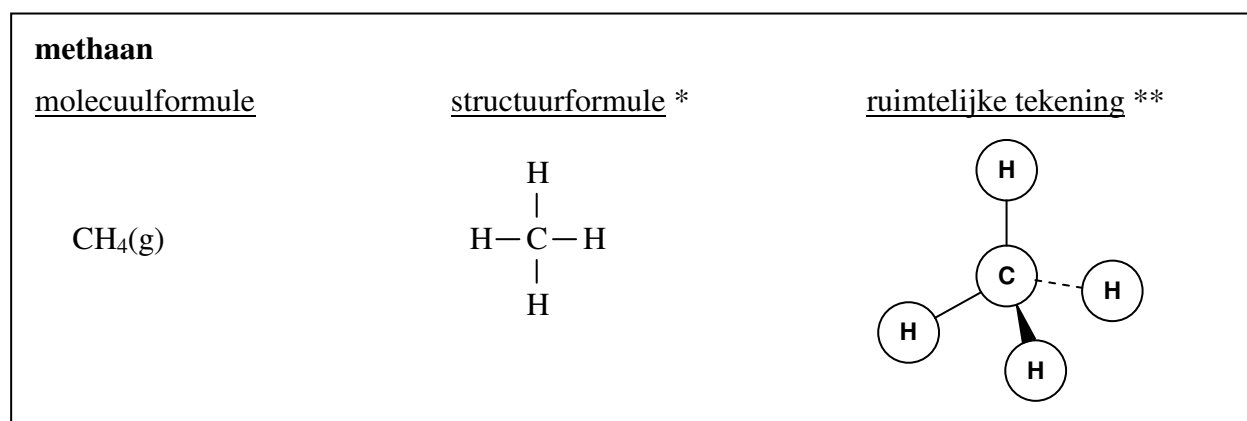
§ 1 Alkanen

Een belangrijke groep koolstofverbindingen vormen de *koolwaterstoffen*. Dit zijn stoffen die bestaan uit de elementen koolstof (C) en waterstof (H). De moleculen van koolwaterstoffen bevatten dus C-atomen en H-atomen. Met een aantal koolwaterstoffen heb je al kennis gemaakt. Denk maar eens aan methaan ($\text{CH}_4(\text{g})$) en butaan ($\text{C}_4\text{H}_{10}(\text{g})$).

Maar wat nu precies zijn koolwaterstoffen? Dat is niet zo eenvoudig te zeggen. Er bestaan namelijk heel veel verschillende soorten koolwaterstoffen. Eén belangrijke groep van koolwaterstoffen vormen de *alkanen*. Tot deze groep behoren methaan en butaan, maar bijvoorbeeld ook ethaan ($\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$), propaan ($\text{C}_3\text{H}_8(\text{g})$), pentaan ($\text{C}_5\text{H}_{12}(\text{l})$) en hexaan ($\text{C}_6\text{H}_{14}(\text{l})$).

Laten we beginnen met het gasvormige *methaan*. Dit bestaat uit moleculen die elk één C-atoom bevatten, waaraan 4 H-atomen gebonden zijn (zie Figuur 1). De *molecuulformule* van methaan is daarom $\text{CH}_4(\text{g})$. Een *structuurformule** of een *ruimtelijke tekening*** geeft echter veel meer inzicht in de opbouw van het methaanmolecuul. Figuur 1 laat dit zien.

Opdracht 1. Bouw met de moleculenbouwoos maar eens een methaanmolecuul na en vergelijk dit met de structuurformule en de ruimtelijke tekening in Figuur 1. In de moleculenbouwoos zijn de zwarte bolletjes C-atomen en de witte H-atomen. De stokjes vormen de bindingen tussen de atomen. □



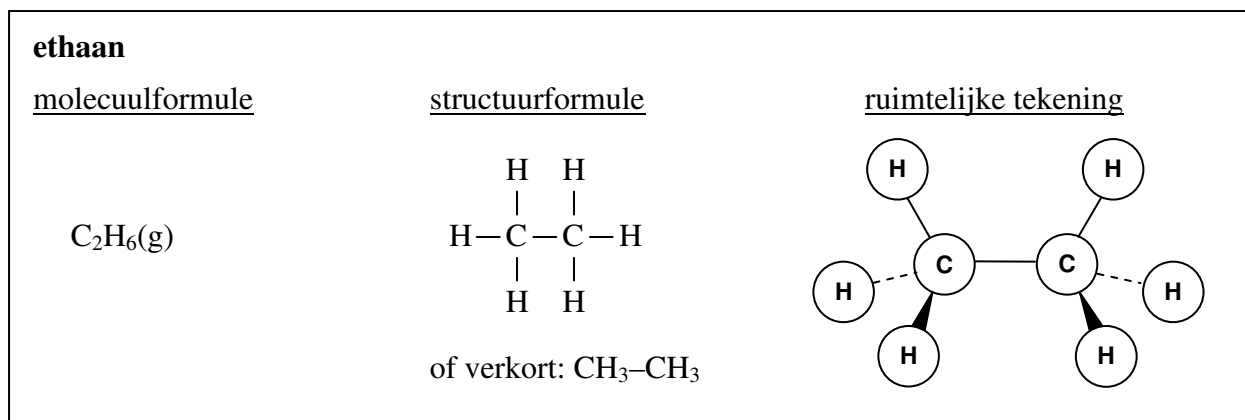
Figuur 1. Molecuulformule, structuurformule en ruimtelijke tekening van methaan.

* In een structuurformule (of Kekuléformule, genoemd naar de Duitser August Kekulé, die in 1858 de grondlegger was van de organische chemie) laten de streepjes zien welke atomen in een molecuul aan elkaar gebonden zijn.

** In de ruimtelijke tekening geeft een rechte lijn een binding aan tussen atomen die in hetzelfde vlak als het papier liggen. Een vet driehoekje geeft een binding aan die naar voren wijst en een streepjeslijn een binding die naar achteren wijst. Deze manier van moleculen tekenen wordt de Sawhorse-projectie genoemd.

Als we in een methaanmolecuul ($\text{CH}_4(\text{g})$) één H-atoom vervangen door een C-atoom, waaraan 3 H-atomen gebonden zijn (een zogenaamde *methylgroep* ($-\text{CH}_3$)), dan krijgen we het gasvormige *ethaan*. In ethaan ($\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$) bestaat elk molecuul uit 2 aan elkaar gebonden C-atomen met 6 daaraan gebonden H-atomen (aan elk C-atoom 3, zie Figuur 2).

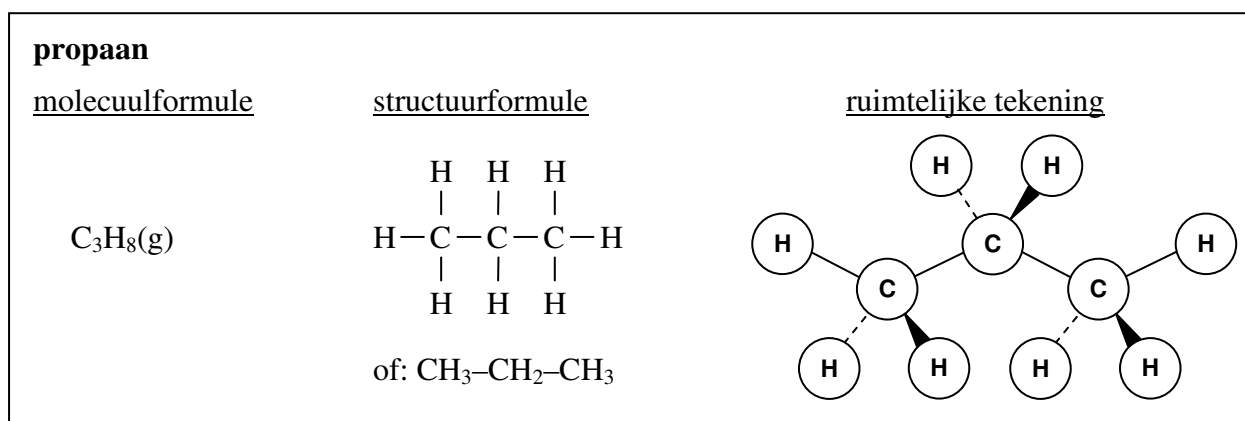
Opdracht 2. Bouw met de moleculenbouwdoos een ethaanmolecuul na. Dit kun je doen door van 2 methaanmoleculen één H-atoom af te halen (en van één methaanmolecuul ook de bijbehorende binding) en de twee molecuulresten te combineren tot het ethaanmolecuul. Zorg dat de structuurformule en de ruimtelijke tekening in Figuur 2 goed overeenkomen met jouw ethaanmolecuul. □



Figuur 2. Molecuulformule, structuurformule en ruimtelijke tekening van ethaan.

We gaan een stapje verder. Als we in een ethaanmolecuul ($C_2H_6(g)$) één H-atoom vervangen door een methylgroep ($-CH_3$), dan krijgen we het gasvormige *propaan*. In propaan ($C_3H_8(g)$) bestaat elk molecuul uit een keten van 3 aan elkaar gebonden C-atomen met 8 daaraan gebonden H-atomen (zie Figuur 3).

Opdracht 3. Bouw met de moleculenbouwdoos een propaanmolecuul na. Dit kun je doen door van een ethaanmolecuul en een methaanmolecuul één H-atoom af te halen (en van één molecuul ook de bijbehorende binding) en de twee molecuulresten te combineren tot het propaanmolecuul. Draai de bindingen in het molecuul zodanig dat de structuur overeenkomt met de ruimtelijke tekening in Figuur 3. □

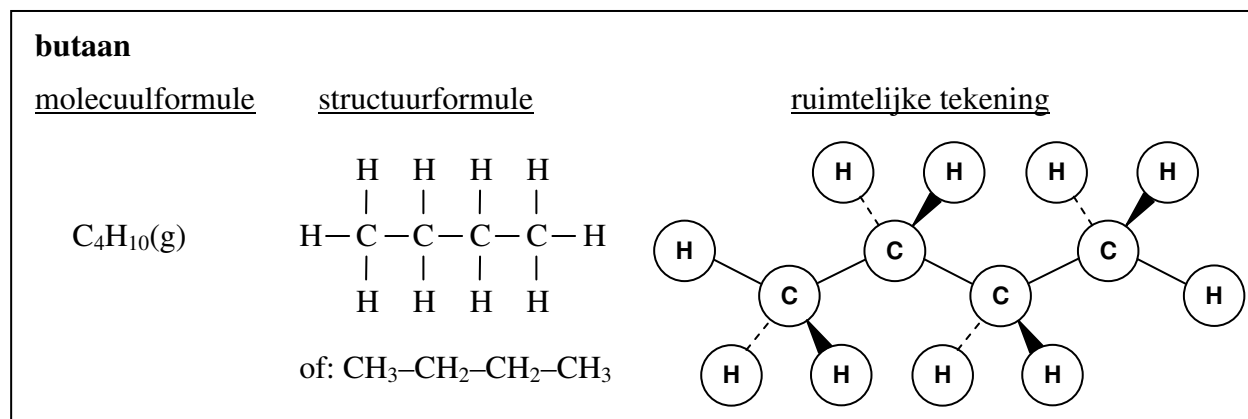


Figuur 3. Molecuulformule, structuurformule en ruimtelijke tekening van propaan.

We gaan nog een stapje verder. Als we in een propaanmolecuul ($C_3H_8(g)$) aan een van de buitenste C-atomen een H-atoom vervangen door een methylgroep ($-CH_3$), dan krijgen we het gasvormige *butaan*. In butaan ($C_4H_{10}(g)$) bestaat elk molecuul uit een keten van 4 aan elkaar gebonden C-atomen met 10 daaraan gebonden H-atomen (zie Figuur 3).

Let op: Als we op het middelste C-atoom van een propaanmolecuul een H-atoom vervangen door een methylgroep, dan krijgen we geen butaan, maar methylpropaan (of isobutaan). Dit is een andere stof dan butaan.

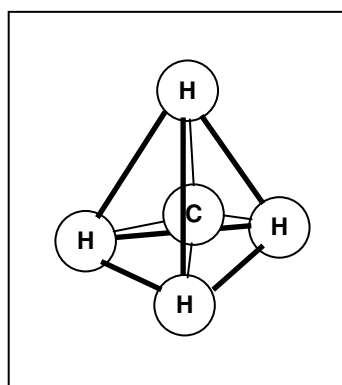
Opdracht 4. Bouw met de moleculenbouwdoo's een butaanmolecuul na. Draai de bindingen in het molecuul zodanig dat de structuur overeenkomt met de ruimtelijke tekening in Figuur 3. □



Figuur 4. Molecuulformule, structuurformule en ruimtelijke tekening van butaan.

In bovenstaande structuurformules en is te zien dat elk C-atoom steeds met 4 bindingen aan andere atomen gebonden is (hier aan C-atomen of H-atomen) en dat elk H-atoom steeds met 1 binding aan een ander atoom gebonden is (hier aan een C-atoom). Dit is een van de basisregels van de organische chemie.

De ruimtelijke structuur waarin het C-atoom gebonden is aan 4 andere atomen noemen we een *tetraëder*. Een tetraëder bestaat uit 4 gelijkzijdige driehoeken die allen langs de zijden aan elkaar verbonden zijn. In de ruimtelijke structuur van bijvoorbeeld methaan bevindt het C-atoom zich in het centrum van de tetraëder en de 4 H-atomen op de 4 hoekpunten.



Figuur 5. De ruimtelijke structuur van een methaanmolecuul ($CH_4(g)$). De dikke lijnen stellen geen bindingen tussen atomen voor, maar de zijden van een denkbeeldige tetraëder. De bindingen tussen de atomen worden voorgesteld door de dunne lijnen.

Als we aan butaan nog een of meer methylgroepen toevoegen, krijgen we alkanen met nog langere ketens van koolstofatomen. De namen, molecuulformules en verkorte structuurformules van de eerste 10 alkanen zijn gegeven in Tabel 1.

Tabel 1. Overzicht van de eerste 10 alkanen

<u>naam</u>	<u>molecuulformule</u>	<u>verkorte structuurformule</u> *
methaan	CH ₄ (g)	CH ₄
ethaan	C ₂ H ₆ (g)	CH ₃ -CH ₃
propaan	C ₃ H ₈ (g)	CH ₃ -CH ₂ -CH ₃
butaan	C ₄ H ₁₀ (g)	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃
pentaan	C ₅ H ₁₂ (l)	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃
hexaan	C ₆ H ₁₄ (l)	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃
heptaan	C ₇ H ₁₆ (l)	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃
octaan	C ₈ H ₁₈ (l)	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃
nonaan	C ₉ H ₂₀ (l)	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃
decaan	C ₁₀ H ₂₂ (l)	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃
<i>algemeen:</i>		
alkaan	C _n H _{2n+2}	CH ₃ -(CH ₂) _{n-2} -CH ₃

* Vaak worden hierin de streepjes ook nog weggelaten (bijvoorbeeld propaan: CH₃CH₂CH₃).

Opdracht 5. Bouw met de moleculenbouwdoos een octaanmolecuul na en geef in de figuur hieronder de molecuulformule, de volledige structuurformule (met streepjes) en een ruimtelijke tekening (volgens de Sawhorse-projectie) van octaan.

Kijk hiervoor nog eens goed naar Figuur 4, waar dit gedaan is voor butaan! □

octaan	<u>molecuulformule:</u>
<u>structuurformule</u>	
<u>ruimtelijke tekening</u>	

Figuur 6. Molecuulformule, structuurformule en ruimtelijke tekening van octaan.

§ 2 Fysische eigenschappen

Zoals je hebt gezien zijn de eerste 4 alkanen in Tabel 1 bij kamertemperatuur (20 °C) gassen. De overige alkanen in Tabel 1 zijn bij kamertemperatuur vloeistoffen. Vanaf heptadecaan (C₁₇H₃₆) zijn de alkanen bij kamertemperatuur vaste stoffen. Deze verschillen hebben te maken met de verschillen in smeltpunt en kookpunt van de alkanen.

Tabel 2. Smelt- en kookpunten van de eerste 20 alkanen

alkaan	molecuul formule	smeltpunt (in °C)	kookpunt (in °C)	alkaan	molecuul formule	smeltpunt (in °C)	kookpunt (in °C)
methaan	CH ₄ (g)	-183	-164	undecaan	C ₁₁ H ₂₄ (l)	-26	196
ethaan	C ₂ H ₆ (g)	-183	-89	dodecaan	C ₁₂ H ₂₆ (l)	-10	216
propaan	C ₃ H ₈ (g)	-190	-42	tridecaan	C ₁₃ H ₂₈ (l)	-6	235
butaan	C ₄ H ₁₀ (g)	-138	-1	tetradecaan	C ₁₄ H ₃₀ (l)	6	254
pentaan	C ₅ H ₁₂ (l)	-130	36	pentadecaan	C ₁₅ H ₃₂ (l)	10	268
hexaan	C ₆ H ₁₄ (l)	-95	69	hexadecaan	C ₁₆ H ₃₄ (l)	18	280
heptaan	C ₇ H ₁₆ (l)	-91	98	heptadecaan	C ₁₇ H ₃₆ (s)	22	303
octaan	C ₈ H ₁₈ (l)	-57	126	octadecaan	C ₁₈ H ₃₈ (s)	28	317
nonaan	C ₉ H ₂₀ (l)	-51	151	nonadecaan	C ₁₉ H ₄₀ (s)	32	330
decaan	C ₁₀ H ₂₂ (l)	-30	174	eicosaan	C ₂₀ H ₄₂ (s)	37	343

Zoals je ziet in Tabel 2 nemen de smelt- en kookpunten van de alkanen toe met het aantal C-atomen. Uitzondering op deze regel vormen de smeltpunten van methaan en ethaan, die beide iets boven het smeltpunt van propaan liggen.

Vragen:

- Leg uit waarom de (onvertakte) alkanen vanaf heptadecaan (C₁₇H₃₆) vaste stoffen zijn bij kamertemperatuur (20 °C).

.....

- Welke (onvertakte) alkanen zijn bij 100 °C gasvormig?

.....

- Geef de verkorte structuurformules van de volgende alkanen en rangschik ze naar toenemend kookpunt:

Octaan:

hexaan

butaan

.....

kookpunt: lager hoger

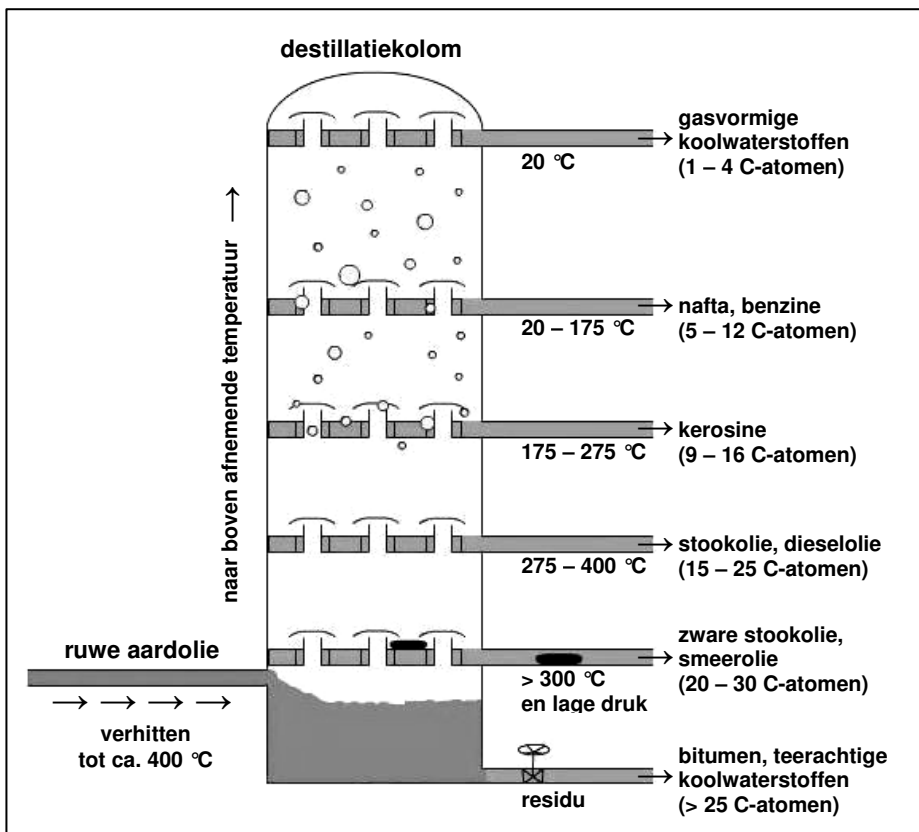
§ 3 Aardolie

Aardolie is net als aardgas en steenkool een *fossiele brandstof*. Het is ontstaan uit deels vergane planten, zeedieren, plankton en bacteriën, die meer dan 50 miljoen jaar geleden leefden in een toenmalige ondiepe zee. Toen deze organismen afstierven, zonken ze naar de zeebodem. Zo ontstond een dikke laag deels verteerde organische resten. Later, toen de zee niet meer bestond, werd deze laag bedekt met nieuwe bodemlagen van bijvoorbeeld zand en klei. Door de druk van deze bodemlagen werd de laag met organische resten samengeperst en kwam zij ook dieper te liggen. Omdat in die diepere aardlagen de temperatuur ook hoger is, werden de organische resten langzaam omgezet in een mengsel van allerlei koolwaterstoffen, oftewel *aardolie*.

Sinds 1859, toen de Amerikaan Edwin Drake in Pennsylvania de eerste boorput maakte, wordt aardolie gewonnen en worden er tal van aardolieproducten gemaakt. Niet alleen benzine, dieselolie en kerosine worden uit aardolie geproduceerd, maar ook producten als lampenolie, smeerolie en asfalt en tal van kunststoffen worden er mee gemaakt.

Zoals gezegd is aardolie een mengsel van talrijke verschillende koolwaterstoffen. Voor hun toepassing hebben we specifieke koolwaterstoffen nodig of specifieke koolwaterstofmengsels. Het scheiden van de koolwaterstoffen uit de aardolie gebeurt in de petrochemische industrie in olieraffinaderijen. In Nederland vind je zulke industrie vooral in het havengebied van Rotterdam, in Pernis en in Moerdijk, maar ook in het westelijke havengebied van Amsterdam.

In een *olieraffinaderij* worden de verschillende koolwaterstoffen in de aardolie van elkaar gescheiden door middel van een *destillatie*. Dit gebeurt in grote destillatiekolommen, destillatietorens die tientallen meters hoog zijn (zie Figuur 7). Bij deze getrapte destillatie worden de verschillende soorten koolwaterstoffen van elkaar gescheiden op basis van hun verschillende kookpunten (zie bijvoorbeeld Tabel 2). Boven die kookpunten zijn de koolwaterstoffen gasvormig, eronder vloeibaar.



Figuur 7. Destillatiekolom voor de scheiding van aardolie.

De *destillatiekolom* werkt als volgt: De ruwe aardolie wordt verhit en aan de onderkant in de -kolom gepompt (zie Figuur 7). Daar is de temperatuur ca. 400 °C. Alle koolwaterstoffen met een kookpunt tot 400 °C zullen verdampen en in de kolom opstijgen. Doordat in de kolom de temperatuur met de hoogte afneemt tot ca. 20 °C, zullen de verdampte koolwaterstoffen op verschillende hoogten weer condenseren. Waar dit gebeurt, hangt af van hun kookpunt. De koolwaterstoffen met een kookpunt dicht bij 400 °C zullen als eerste condenseren. Iets hoger condenseren de koolwaterstoffen met een wat lager kookpunt (bijvoorbeeld 250 °C), enz.. Gasvormige koolwaterstoffen, die opgelost waren in de aardolie, blijven gasvormig en komen tot aan de bovenkant van de kolom.

De gasvormige koolwaterstoffen - koolwaterstoffen met een kookpunt onder 20 °C, zoals methaan, ethaan, propaan en butaan (zie Tabel 2) – worden boven in de kolom afgetapt. Deze fractie bevat de kleinste koolwaterstoffen. Dit zijn de koolwaterstoffen met 1 tot 4 C-atomen, zoals methaan t/m butaan en de isomeren daarvan. Deze kleinste koolwaterstoffen kunnen worden gebruikt voor verwarming, als campinggas en als LPG (liquid petrol gas) voor auto's.

Iets daaronder wordt *nafta* afgetapt. Dit is een mengsel van vloeibare koolwaterstoffen met een kookpunt tussen 20 en 175 °C. Dit mengsel bevat koolwaterstoffen met 5 tot 12 C-atomen. Uit nafta wordt onder andere *benzine* geproduceerd. Benzine is geen zuivere stof, maar ook een mengsel van vloeibare koolwaterstoffen. Naast benzine kunnen uit nafta ook grondstoffen voor de petrochemische industrie en de kunststoffenindustrie worden geproduceerd, zoals methaan (CH₄(g)) en etheen (C₂H₄(g), zie § 6). Deze kleinere koolwaterstoffen kunnen worden geproduceerd door in een *naftakraker* onder hoge druk en hoge temperatuur de koolwaterstofmoleculen in nafta te *kraken*, dat wil zeggen te splitsen in kleinere koolwaterstoffen.

Onder de nafta wordt in de destillatiekolom *kerosine* afgetapt. Dit is een mengsel van vloeibare koolwaterstoffen met een kookpunt tussen 175 en 275 °C. Het bevat koolwaterstoffen met 9 tot 16 C-atomen. Kerosine wordt vooral gebruikt als brandstof voor vliegtuigen. Vroeger werd kerosine ook veel gebruikt als lampenolie.

Nog iets lager in de destillatiekolom wordt *stookolie* afgetapt. Dit is een mengsel van vloeibare koolwaterstoffen met een kookpunt tussen 275 en 400 °C. Het bevat koolwaterstoffen met 15 tot 25 C-atomen. Stookolie wordt gebruikt voor verwarming of als *dieselolie* in dieselmotoren. Stookolie kan ook gekraakt worden tot kleinere vloeibare koolwaterstoffen, zodat uit stookolie ook benzine kan worden geproduceerd.

Van het resterende koolwaterstofmengsel in de destillatiekolom kan nog één deel worden afgescheiden, de *zware stookolie*. Deze kan onder lage druk en een temperatuur van 300 °C of hoger als laatste gedestilleerd worden. Zware stookolie bevat koolwaterstoffen met 20 tot 30 C-atomen. Het wordt gebruikt als smeerolie en als stookolie in elektriciteitscentrales. Door zware stookolie te kraken kan er ook weer benzine van worden gemaakt.

Een probleem dat zich met name bij zware stookolie voordoet is dat het vaak ook zwavel bevat. Bij verbranding ontstaat dan naast koolstofdioxide en water ook zwaveldioxide. Dit veroorzaakt onder andere zure regen. Daarom is de laatste decennia veel gedaan om de *zwaveldioxideuitstoot* in elektriciteitscentrales en in de petrochemische industrie te verminderen.

Tot slot blijft onder in de destillatiekolom een koolwaterstofmengsel over dat niet gedestilleerd kan worden. Dit *residu* wordt ook afgetapt en bestaat uit *teerachtige koolwaterstoffen* of *bitumen* met meer dan 25 C-atomen. Deze bitumen kunnen worden gebruikt om zand en grind aan elkaar te kleven tot *asfalt*, waarmee we wegen kunnen aanleggen.

Demoproef 1. Het bovenstaande destillatieproces van aardolie gaan we in de klas nabootsen.

We gaan hiertoe van de aardolie de lichtere fracties destilleren en aansteken! □

Opdracht 6. Lees bovenstaande tekst over de destillatie van aardolie, los het volgende kruiswoordraadsel op en vind het verborgen woord door de letters in de grijze vakjes onderin op hun juiste plaats te zetten.

□

	<p>Horizontaal</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lichtste destillatiefractie van vloeibare koolwaterstoffen 2. Product gemaakt met bitumen 3. Olie om motoren mee te smeren 4. Deel van het koolwaterstofmengsel dat niet gedestilleerd kan worden 5. Autobrandstof gemaakt uit nafta 6. Proces waarbij grotere koolwaterstofmoleculen gesplitst worden in kleinere 7. Het koolwaterstofmengsel dat in de destillatiekolom overblijft <p>Verticaal</p> <ol style="list-style-type: none"> 8. Proces waarmee in een olieraffinaderij koolwaterstoffen gescheiden worden 9. Fabriek die de koolwaterstofmoleculen in nafta kan splitsen in kleinere 10. Mengsel van koolwaterstoffen met een kookpunt tussen 275 en 400 °C 11. Brandstof voor vliegtuigen 12. Autobrandstof gemaakt uit stookolie 13. Verbrandingsgas van zware stookolie dat zure regen veroorzaakt
--	---

Het woord waar alles om draait:

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Vragen:

4. In de tekst hierboven zijn een aantal producten genoemd van de petrochemische industrie. Er zijn er echter nog veel meer. Noem er tenminste vijf.

.....

..... □

5. Aardolie en de producten die we daarmee kunnen maken zijn niet meer weg te denken uit ons dagelijks leven. Tot kleven er ook nadelen aan al die producten en hun fabricage in de petrochemische industrie, met name voor het milieu. Bespreek enkele nadelige gevolgen van de petrochemische industrie en de producten die daarmee gemaakt worden voor het milieu. Denk aan kunststoffen (plastics), afgewerkte olie, luchtverontreiniging, broeikas effect, enz.

.....

.....

.....

..... □

§ 4 Alkoholen

Aan de koolstofketens kunnen zogenaamde *kenmerkende groepen* gebonden zijn. Eén daarvan is de *hydroxylgroep* (–OH). Deze hydroxylgroep bestaat uit een O-atoom, waaraan één H-atoom gebonden is. In alkanen (C_nH_{2n+2}) kunnen een of meer H-atomen vervangen zijn door zulke hydroxylgroepen (–OH). De stoffen met OH-groepen, die we dan krijgen, noemen we in het algemeen *alkoholen*. Wanneer in een alkaan slechts één H-atoom vervangen is door een hydroxylgroep (–OH), dan spreken we ook van een *alkanol* ($C_nH_{2n+1}OH$ of $C_nH_{2n+2}O$). De bekendste alkanolen zijn methanol (methaan met een OH-groep) en ethanol (ethaan met een OH-groep). Deze alkanolen zijn getekend in Figuur 8.

Ethanol is de stof die in alcoholische dranken zit (zoals bier en wijn) en waarvan je dronken kunt worden. In spiritus is wat methanol bijgemengd, om het ongeschikt voor consumptie te maken. Omdat je van methanol namelijk blind kunt worden, kun je maar beter geen spiritus drinken!

methanol		
<u>molecuulformule</u>	<u>structuurformule</u>	<u>ruimtelijke tekening</u>
$CH_3OH(l)$ (of: $CH_4O(l)$)	$\begin{array}{c} H \\ \\ H-C-O-H \\ \\ H \end{array}$ of verkort: CH_3-OH	
ethanol		
<u>molecuulformule</u>	<u>structuurformule</u>	<u>ruimtelijke tekening</u>
$C_2H_5OH(l)$ (of: $C_2H_6O(l)$)	$\begin{array}{c} H & H \\ & \\ H-C & -C-O-H \\ & \\ H & H \end{array}$ of verkort: CH_3-CH_2-OH	

Figuur 8. Molecuulformules, structuurformules en ruimtelijke tekeningen van methanol en ethanol.

Opdracht 7. Bouw met de moleculenbouwoos de moleculen na van methanol en ethanol en vergelijk deze met de structuurformules en ruimtelijke tekeningen in Figuur 8. In de moleculenbouwoos zijn de rode bolletjes O-atomen. □

Vanaf propanol moet je in de naam ook aangeven aan welk C-atoom de hydroxylgroep (–OH) gebonden is. In propanol kan de hydroxylgroep immers aan een van de buitenste C-atomen zitten (dat is dan altijd C-atoom nummer 1, gezien de nummering altijd zo laag mogelijk moet zijn) of aan het middelste C-atoom (nummer 2). We maken dus onderscheid tussen 1-propanol en 2-propanol (zie Figuur 9 en de regels voor de naamgeving op de volgende bladzijde).

Bij methanol en ethanol hoeft je dit niet te doen. Daar is het C-atoom waaraan de hydroxylgroep gebonden is altijd het buitenste en dus C-atoom nummer 1.

1-propanol		2-propanol	
<u>molecuulformule</u>	<u>verkorte structuurformule</u>	<u>molecuulformule</u>	<u>verkorte structuurformule</u>
$C_3H_7OH(l)$	$CH_3-CH_2-CH_2-OH$	$C_3H_7OH(l)$	$ \begin{array}{c} CH_3-CH-CH_3 \\ \\ OH \end{array} $

Figuur 9. Molecuulformule en structuurformules van de twee propanolen.

Naamgeving van alkanolen:

1. Zoek de langste aaneengesloten keten van C-atomen die ook de hydroxylgroep bevat. Deze koolstofketen (de stam) bepaalt de stamnaam. Dit is de naam van het overeenkomstige alkaan. Bij een stam van 8 C-atomen is de stamnaam dus octaan.
2. Zet achter de stamnaam het achtervoegsel -ol en schap een van de laatste a's in de stamnaam. Als de stamnaam octaan is, krijg je dus octanol.
3. Bepaal aan welk C-atoom in de stam de hydroxylgroep (-OH) zit en nummer deze zo laag mogelijk.
4. Zet dit nummer voor de naam van het alkanol, zoals bijvoorbeeld gedaan is in 1-octanol of 3-pentanol. Bij methanol en ethanol hoeft dit niet, daar zou het nummer steeds 1 zijn.

Zoals je ziet in Figuur 9 hebben 1-propanol en 2-propanol precies dezelfde molecuulformule, maar verschillende structuurformules. Van elkaar verschillende stoffen met dezelfde molecuulformule noemen we *isomeren*. 1-propanol en 2-propanol zijn dus isomeren van elkaar: Het zijn verschillende stoffen met dezelfde molecuulformule.

Opdracht 8. Geef in Tabel 3 (hieronder) de verkorte structuurformules en de namen van de drie mogelijke structuren van pentanol. □

Tabel 3. Structuurformules en namen van de pentanolen ($C_5H_{11}OH(l)$)

<u>verkorte structuurformule</u>	<u>naam</u>
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-OH$

Opdracht 9. Bouw met de moleculenbouwdoos een molecuul na van 1-hexanol en geef in Figuur 10 de verkorte structuurformule en een ruimtelijke tekening. □

1-hexanol (C₆H₁₃OH(l))	
<u>verkorte structuurformule</u>
 <u>ruimtelijke tekening</u>	

Figuur 10. 1-Hexanol.

Zoals je hebt gezien in de tekst hierboven zijn de eerste alkanolen bij kamertemperatuur (20 °C) vloeistoffen, terwijl de eerste 4 alkanen dan gassen zijn (zie Tabel 1). Dit komt doordat de alkanolen veel hogere kookpunten hebben dan de overeenkomstige alkanen (zie Tabel 4). Dit verschil zit hem in de hydroxylgroep (–OH), die een beetje op water lijkt (H₂O of H–O–H). Zoals je misschien weet is een van de eigenaardige eigenschappen van water dat het een veel hoger kookpunt heeft dan vergelijkbare andere vloeistoffen.

Tabel 4. Smelt- en kookpunten van enkele alkanen en alkanolen

alkaan	molecuul formule	smeltpunt (in °C)	kookpunt (in °C)	alkanol	molecuul formule	smeltpunt (in °C)	kookpunt (in °C)
methaan	CH ₄ (g)	–183	–164	methanol	CH ₃ OH(l)	–97	65
ethaan	C ₂ H ₆ (g)	–183	–89	ethanol	C ₂ H ₅ OH(l)	–115	78
propaan	C ₃ H ₈ (g)	–190	–42	1-propanol	C ₃ H ₇ OH(l)	–126	97
				2-propanol	C ₃ H ₇ OH(l)	–86	83
butaan	C ₄ H ₁₀ (g)	–138	–1	1-butanol	C ₄ H ₉ OH(l)	–90	117
pentaan	C ₅ H ₁₂ (l)	–130	36				
decaan	C ₁₀ H ₂₂ (l)	–30	174	1-decanol	C ₁₀ H ₂₁ OH(l)	6	228

Vragen:

6. Welke alkanolen zijn bij 100 °C gasvormig?

..... □

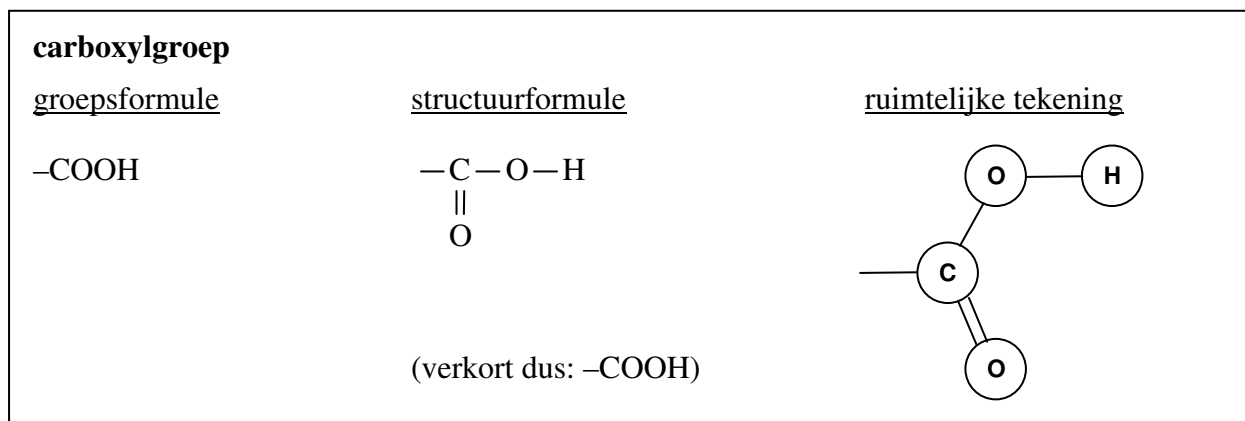
7. Hoe zou je een mengsel van ethanol en water kunnen scheiden?

.....
 □

§ 5 Carbonzuren en vetten

Carbonzuren

Een andere karakteristieke groep is de *carboxylgroep* ($-\text{COOH}$). Deze carboxylgroep bestaat uit een C-atoom met daaraan gebonden een hydroxylgroep ($-\text{OH}$) en een *dubbel gebonden* O-atoom ($=\text{O}$, zie intermezzo). Figuur 11 laat zien hoe deze groep eruit ziet. Merk op dat de gehele carboxylgroep in één vlak ligt. Dit is goed te zien in de ruimtelijke tekening.



Figuur 11. Groepsformule, structuurformule en ruimtelijke tekening van de carboxylgroep.

----- Dubbele bindingen (intermezzo) -----

Je ziet dat C-atomen en O-atomen naast een *enkelvoudige binding* ook een *dubbele binding* kunnen aangaan. Deze dubbele bindingen kunnen voorkomen tussen C-atomen en O-atomen ($\text{C}=\text{O}$), maar ook tussen C-atomen onderling ($\text{C}=\text{C}$) of tussen O-atomen onderling ($\text{O}=\text{O}$). De $\text{C}=\text{O}$ binding tref je aan in de carboxylgroep, maar bijvoorbeeld ook in $\text{O}=\text{C}=\text{O}$, oftewel $\text{CO}_2(\text{g})$. Een voorbeeld van een stof met een $\text{O}=\text{O}$ binding is zuurstof ($\text{O}_2(\text{g})$).

Een belangrijke groep van stoffen met een $\text{C}=\text{C}$ binding zijn de *alkenen*, dit zijn alkanen waarin een $\text{C}-\text{C}$ binding is vervangen door een $\text{C}=\text{C}$ binding. Het kleinste alkeen, etheen ($\text{CH}_2=\text{CH}_2(\text{g})$), is een industrieel veel toegepaste grondstof. Er worden onder andere plastics, zepen en alcohol van gemaakt.

Stoffen met één of meer dubbele bindingen tussen de C-atomen noemen we *onverzadigd*. Stoffen met alleen enkelvoudige bindingen tussen de C-atomen noemen we *verzadigd*.

De basisregel blijft dat elk C-atoom steeds met 4 bindingen aan andere atomen gebonden is en elk H-atoom steeds met 1 binding. Elk O-atoom is steeds met 2 bindingen aan andere atomen gebonden. Een dubbele binding telt daarbij voor twee bindingen.

Stoffen met één of meer carboxylgroepen ($-\text{COOH}$) noemen we in het algemeen *carbonzuren*. Wanneer in een alkaan ($\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$) één van de methylgroepen (een CH_3 -groep aan de uiteinden van de al dan niet vertakte koolstofketen) vervangen is door een carboxylgroep ($-\text{COOH}$), dan spreken we ook van een *alkaanzuur* ($\text{C}_{n-1}\text{H}_{2n-1}\text{COOH}$ of $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$). De kleinste alkaanzuren zijn getekend in Figuur 12.

Methaanzuur (HCOOH(l)) is methaan (CH₄) waarin de CH₃-groep (bijna het hele molecuul!) is vervangen door een COOH-groep. Ethaanzuur is ethaan (CH₃-CH₃) waarin één van de twee CH₃-groepen is vervangen door een COOH-groep. Methaanzuur en ethaanzuur zijn ook wel bekend als mierzuur en azijnzuur.

methaanzuur (of mierzuur)		
<u>molecuulformule</u>	<u>structuurformule</u>	<u>ruimtelijke tekening</u>
HCOOH(l) (of: CH ₂ O ₂ (l))	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ \\ \text{O} \end{array}$ <p>of verkort: H-COOH</p>	
ethaanzuur (of azijnzuur)		
<u>molecuulformule</u>	<u>structuurformule</u>	<u>ruimtelijke tekening</u>
CH ₃ COOH(l) (of: C ₂ H ₄ O ₂ (l))	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{O} \end{array}$ <p>of verkort: CH₃-COOH</p>	

Figuur 12. Molecuulformules, structuurformules en ruimtelijke tekeningen van methaanzuur en ethaanzuur.

Opdracht 10. Bouw met de moleculenbouwdoo's de moleculen na van methaanzuur en ethaanzuur en vergelijk deze met de structuurformules en ruimtelijke tekeningen in Figuur 12. □

Naamgeving van alkaanzuren:

1. Zoek de langste aaneengesloten keten van C-atomen, die begint bij het C-atoom van de carboxylgroep (-COOH). Deze koolstofketen (de stam) bepaalt de stamnaam. Dit is de naam van het overeenkomstige alkaan. Bij een stam van 5 C-atomen is de stamnaam dus pentaan. *Let op: Het C-atoom van de carboxylgroep is altijd het eerste C-atoom van de stam en telt dus mee in de bepaling van de stamnaam!*
2. Zet achter de stamnaam het achtervoegsel -zuur. Als de stamnaam pentaan is, krijg je dus pentaanzuur. Omdat het C-atoom van de carboxylgroep altijd het eerste C-atoom van de stam is (nummer 1), hoef je geen nummer te zetten voor de naam van het alkaanzuur.

Vraag:

8. De verkorte structuurformule van een alkaanzuur is: CH₃-CH₂-CH₂-CH₂-CH₂-CH₂-COOH.

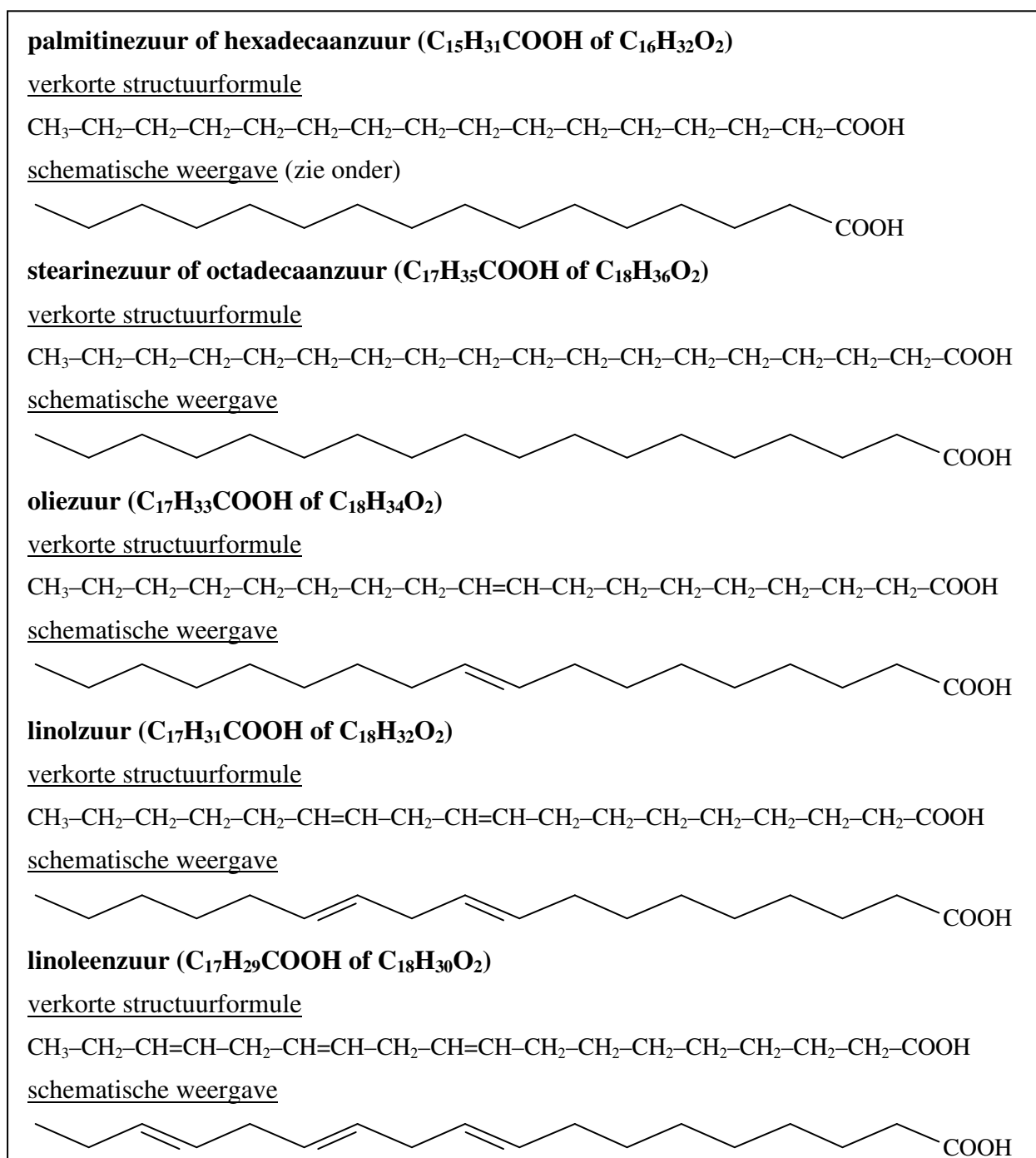
Wat is de naam van dit alkaanzuur?

..... □

Vetzuren

Vetten kunnen gevormd worden uit zogenaamde *vetzuren*. Meestal zijn dit alkaanzuren met 12 tot 20 C-atomen in de koolstofketen. Wanneer de koolstofketen een of meer dubbele bindingen bevat (zie het intermezzo), noemen we het vetzuur onverzadigd. *Enkelvoudige onverzadigde vetzuren* bevatten één dubbele binding in de koolstofketen, *meervoudig onverzadigde vetzuren* twee of meer. *Verzadigde vetzuren* bevatten geen dubbele binding in de koolstofketen.

Voorbeelden van verzadigde vetzuren zijn *palmitinezuur* en *stearinezuur*, van enkelvoudig onverzadigde vetzuren *oliezuur* en van meervoudig onverzadigde vetzuren *linolzuur* en *linoleenzuur*. De verkorte structuurformules van deze vetzuren zijn gegeven in Figuur 13.



Figuur 13. *Structuurformules van enkele verzadigde en onverzadigde vetzuren. In de schematische weergave stelt elk streepje een C-C binding voor en elk hoekpunt of uiteinde een C-atoom (met of zonder H-atomen).*

Opdracht 11. Kijk eens goed naar de verkorte structuurformules in Figuur 13 en onderstreep of markeer met bijvoorbeeld een gele stift de dubbele bindingen die je ziet. □

Opdracht 12. Bepaal voor elke dubbele binding in de verkorte structuurformules in Figuur 13 het nummer van het eerste C-atoom. Tel daarbij volgens de regels van de naamgeving vanaf de carboxylgroep (–COOH). Zet de nummers in de tabel hieronder. □

Vetzuur	1 ^e dubbele binding, nummer 1 ^e C-atoom	2 ^e dubbele binding, nummer 1 ^e C-atoom	3 ^e dubbele binding, nummer 1 ^e C-atoom
palmitinezuur			
stearinezuur			
oliezuur			
linolzuur			
linoleenzuur			

Palmitinezuur is een van de meest voorkomende verzadigde vetzuren in dieren en planten. Het komt voor in palmolie (zoals de naam al zegt) en in vlees, melk, boter en kaas.

Stearinezuur is ook een verzadigd vetzuur. Het komt met name in dierlijke vetten voor, maar plantaardige vetten en oliën kunnen ook wat stearinezuur bevatten. Stearinezuur vormt samen met palmitinezuur *stearine* waarvan kaarsen kunnen worden gemaakt. Verder wordt stearinezuur gebruikt in de zeepfabricage.

Oliezuur is het belangrijkste enkelvoudig onverzadigde vetzuur. Het is aanwezig in dieren en groenten. Zo bevatten palmpittenolie, olijfolie en aardnotenolie veel oliezuur. Olijfolie bestaat zelfs voor 55 tot 80% uit oliezuur.

Linolzuur is een tweevoudig onverzadigd vetzuur en komt onder andere voor in lijnzaadolie. Het is een essentieel vetzuur voor mensen en zoogdieren. Het lichaam kan het zelf niet aanmaken en dus moet het met de voeding binnenkomen. Uit linolzuur maakt het lichaam langere onverzadigde vetzuren aan, die nodig zijn voor de hersenen, de ogen en het gehoor. Bovendien leidt voeding met relatief meer linolzuur tot een lager cholesterolgehalte in het bloed, wat gunstig is voor de voorkoming van hart- en vaatziekten. Vandaar dat er veel margarines en halvarines zijn, die rijk aan linolzuur zijn. Linolzuur komt ook voor in plantaardige oliën zoals zonnebloemolie.

Linoleenzuur is een ander essentieel vetzuur voor mensen en zoogdieren, dat met de voeding moet binnenkomen. Ook uit linoleenzuur maakt het lichaam langere onverzadigde vetzuren aan, die nodig zijn voor de hersenen, de ogen en het gehoor. Met een normale voeding krijgen we voldoende linoleenzuur binnen. Het komt voor in sommige plantaardige oliën en in geringe mate ook in groene bladgroenten.

Omega-3-, omega-6- en omega-9-vetzuren

In een alternatieve indeling van de vetzuren worden de C-atomen niet geteld vanaf de carboxylgroep (–COOH), maar vanaf de CH₃-groep aan het andere einde van de structuurformule. Vetzuren waarbij de eerste dubbele binding tussen het 3^e en 4^e C-atoom zit (geteld vanaf de CH₃-groep) worden omega-3-vetzuren (Ω₃-vetzuren) genoemd. Omega-6-vetzuren (Ω₆-vetzuren) zijn zo vetzuren met de eerste dubbele binding tussen het 6^e en 7^e C-atoom en bij omega-9-vetzuren (Ω₉-vetzuren) zit de eerste dubbele binding tussen het 9^e en 10^e C-atoom.

Vraag:

9. Wat voor een soort vetzuren zijn oliezuur, linolzuur en linoleenzuur volgens deze alternatieve indeling?

Oliezuur is een vetzuur,

linolzuur een vetzuur

en linoleenzuur een vetzuur

In reclames wordt beweerd dat toevoeging van linoleenzuur of andere, langere omega-3-vetzuren aan de voeding (denk maar aan visolie) beter is voor je gezondheid. Deze gezondheidclaims zijn echter niet wetenschappelijk bewezen. Sterker, in een normale voeding zit voldoende linoleenzuur en de langere omega-3-vetzuren, die het lichaam uit linoleenzuur maakt, krijgen we ook binnen vanuit vlees, vis en visolie.

Opdracht 13. Bouw met de moleculenbouwoos een molecuul na van een onverzadigd vetzuur.

Welk vetzuurmolecuul heb je nagebouwd?

Is dit een $\Omega 3$ -, een $\Omega 6$ - of een $\Omega 9$ -vetzuur?

Vetten

Uit de vetzuren worden in dieren en planten vetten gevormd. Het soort vet wordt bepaald door de vetzuren in het vet. Dierlijke vetten bevatten veel verzadigde vetzuren, plantaardige vetten veel onverzadigde vetzuren. Door de dubbele binding(en) in onverzadigde vetzuren, bevatten de moleculen van deze vetzuren – en dus van de vetten – knikken. Hierdoor klonteren deze vetten minder goed samen dan vetten die opgebouwd zijn uit verzadigde vetzuren. Plantaardige vetten hebben hierdoor vaak een lager smeltpunt dan dierlijke vetten. Vetten die bij kamertemperatuur vloeibaar zijn worden oliën genoemd. Alle vetten (en oliën) zijn slecht oplosbaar in water en hebben een lagere dichtheid, waardoor ze op water drijven. Omdat (onverzadigde) plantaardige vetten ook in je bloedvaten minder goed samenklonteren dan (verzadigde) dierlijke vetten, zijn plantaardige vetten doorgaans beter voor hart en bloedvaten.

Opdracht 14. Bekijk of er bij jou thuis een product in huis is met onverzadigde vetten of oliën of een onverzadigd vetzuur en neem dit product zo mogelijk mee.

Wel thuis overleggen natuurlijk!

Welk product heb je thuis gevonden?

Welk onverzadigd vetzuur bevat het?