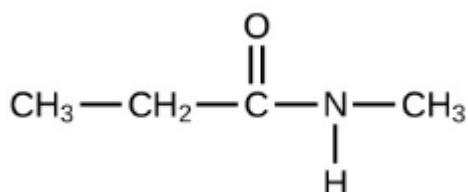


Samenvatting koolstofchemie

Koolstofchemie

Groepen koolstofverbindingen, zie ook binas 66D

- alkanen, verzadigd, C_nH_{2n+2}
- alkenen, bevat een C=C binding, C_nH_{2n}
- alkynen, bevat $C\equiv C$, C_nH_{2n-2}
- cyclische verbindingen (bevatten een ring), cycloalkanen hebben C_nH_{2n} als formule.
- aromatische verbindingen: bevatten een benzeenring
- alifatische verbindingen: bevatten geen benzeenring
- onverzadigde verbindingen bevat C=C of een driedubbele koolstof-koolstofbinding
- alcoholen, bevatten -OH (onderverdeeld in primaire, secundaire en tertiaire alcoholen)
- carbonzuren, -COOH als de zuurgroep in de hoofdketen zit telt deze C mee voor de langste keten en wordt het achtervoegsel zuur, bijvoorbeeld hexaanzuur. Als de zuurgroep niet in de hoofdketen zit krijgt de hele COOH groep het achtervoegsel carbonzuur, bijvoorbeeld bij cyclohexaancarbonsuur.
- aminen, $C-NH_2$
- aldehyden, $C=O$ aan het eind van de keten (aan deze C zit niet ook nog een O-H want dan is het een zuur)
- ketonen $C=O$ waarbij de C niet aan het eind van een keten zit.
- ethers kenmerk $-C-O-C-$ De bekendste groep zijn de alkoxyalkanen, bijvoorbeeld 2-methoxypropaan.
- [esters](#), kenmerk $C-O-C=O$
esters maak je van een alcohol en een carbonzuur. De rest van het alcohol wordt in de naam als zijgroep gezien, als je bv ethanol als alcohol hebt wordt het ethyl. In de naam komt dan ethyl voor de naam van de rest van het zuur. De rest van het zuur heet dan -oat, bv ethylpropanoat is de ester gemaakt van ethanol en propaanzuur.
- amide kenmerk $C-NH-C=O$, een amide ontstaat via een [condensatiereactie](#) uit een amine en een carbonzuur. De kenmerkende groep $C-NH-C=O$ noem je ook wel een peptidebinding. Het amide van propaanzuur en methaanamine ziet er zo uit:



Alkanen

Dit zijn verzadigde koolwaterstoffen, er zijn alleen enkele bindingen. In tabel 66D kun je namen van de eerste 6 alkanen vinden en in tabel 66C de rest. De algemene formule is C_nH_{2n+2} .

Systematische naamgeving

Voor koolstofverbindingen worden vaak systematische namen gebruikt. Heb je meerdere van dezelfde zijgroepen dan geef je dat aan met de Griekse telwoorden di,tri,tetra,penta,hexa etc (zie tabel 66C). Elke zijgroep krijgt zijn eigen nummer.

Als de C-atomen niet in één onvertakte keten liggen noem je bijvoorbeeld een $-\text{CH}_3$ groep een zijketen, deze keten krijgt dan de naam methyl. Zo heb je ook ethyl ($-\text{CH}_2\text{CH}_3$), propyl, methylethyl etc). Kijk goed wat de langste keten is, deze is niet altijd horizontaal getekend.

Cycloalkanen

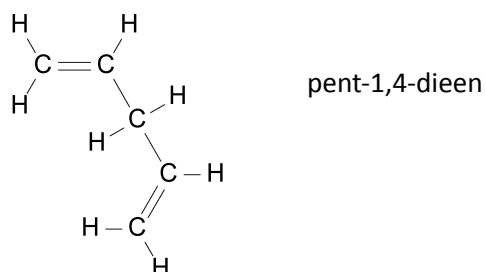
Bij de cycloalkanen vormt de koolstof keten een rondje (of vierkantje etc).

Alkenen

Alkenen zijn onverzadigde koolwaterstoffen met één dubbele binding, $\text{C}=\text{C}$. De algemene formule voor de alkenen is C_nH_{2n} .

De naamgeving is hetzelfde als bij de alkanen, het eindigt nu alleen op –een ipv op –aan.

Bij grotere alkenen dan propen geef je met een nummer aan waar de dubbele binding zit, het nummer slaat dan op het C-atoom waar de dubbele binding begint. Er zijn ook alkaandiënen en alkaantriënen. Let op de plaats van di in de naam, het woordje di staat voor waar er twee van zijn de dubbele binding dus dieen).



Alkynen

Bij alkynen is er geen dubbele koolstof-koolstof binding maar een drievoudige koolstof-koolstof, $\text{C}\equiv\text{C}$, binding. Hun algemene formule is $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$.

Alkanolen

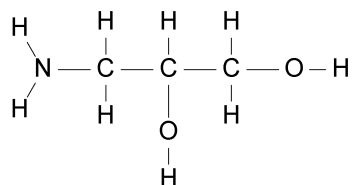
Alkanolen zijn alkanen waarbij 1 H-atoom door een OH –groep is vervangen. De O-H-groep is een karakteristieke groep en krijgt het achtervoegsel –ol.

Alkaanaminen

De karakteristieke groep van de alkaanamine is de amine-groep: $-\text{NH}_2$.

Meerdere karakteristieke groepen

Een molecuul kan natuurlijk meerdere karakteristieke groepen hebben, maar nooit meer dan één achtervoegsel. In tabel 66D vind je een lijst met karakteristieke groepen, de karakteristieke groep die het hoogst in die lijst staat mag het achtervoegsel leveren, de andere groepen moeten genoeg nemen met een voorvoegsel.

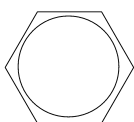


3-amino-propaan-1,2-diol

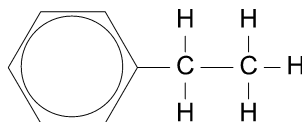
De -NH_2 groep krijgt het voorvoegsel amine omdat de alcoholen boven de aminen staan in binas 66D. De voorvoegsels komen in alfabetische volgorde, hierbij tellen de Griekse telwoorden als di en tri niet mee. Het is dus 2,2-dibroom-3-chloorhexaan en niet 3-chloor-2,2-dibroomhexaan.

Aromatische verbindingen

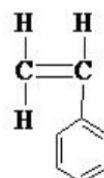
Aromatische koolwaterstoffen bevatten een benzeenring, benzeen is C_6H_6 . Deze stoffen geuren meestal sterk. Het rondje in de benzeenring stelt drie dubbele bindingen voor, in de ring wisselen C-C en C=C bindingen elkaar dus af. Soms worden drie dubbele bindingen getekend en soms een rondje in de zeshoek.



benzeen



ethylbenzeen



fenyletheen

Let op de molecuulformules van aromatische verbindingen. Benzeen is C_6H_6 maar als een er bv een ethylgroep aan zit zitten er nog maar 5 H-atomen aan de benzeenring en aan de zesde plaats een C_2H_5 groep. Dus wordt de molecuulformule C_8H_{10} .

Een benzeenring die niet de hoofdketen is, krijgt het voorvoegsel fenyl. Bijvoorbeeld bij fenyletheen.

Bindingshoeken



[VSEPR](#) (Valentie-Schil-Elektronen-Paar-Repulsie)-theorie:

Als een atoom 4 enkele bindingen/niet-bindende elektronenparen om zich heen heeft, maken deze 4 bindingen/elektronenparen hoeken van 109° met elkaar. Dat geldt bijvoorbeeld voor de hoeken in een CH_4 molecuul. De structuur is dan een tetraëder. Ook het zuurstofatoom in water heeft een 4-omringing (2 bindingen met

H-atomen en 2 niet-bindende elektronenparen), daarom is de hoek H-O-H in een watermolecuul (ongeveer) 109° .

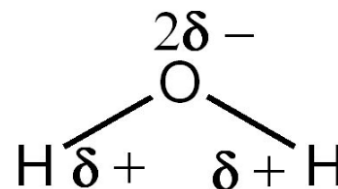
Cyclopropaan is bijvoorbeeld niet zo stabiel/vrij reactief. De C-atomen hebben 4 enkele bindingen om zich heen. In een driehoek zijn de hoeken 60° . Dat is veel minder dan 109° en daarom is cyclopropaan niet zo stabiel.

Als een atoom een dubbele binding en 2 enkele bindingen/niet-bindende elektronenparen om zich heen heeft, zijn de bindingshoeken 120° . Etheen is een voorbeeld van zo'n stof. Etheen is een "plat" molecuul, alle atomen liggen in hetzelfde vlak.

Als een atoom een drievoudige binding en een enkele binding/niet-bindend elektronenpaar heeft, is de bindingshoek 180° . Ethyn is een voorbeeld van zo'n stof. Als een atoom twee dubbele bindingen vormt, bijvoorbeeld koolstofdioxide, is de bindingshoek ook 180° .

Hiermee en met de elektronegativiteit kun je voorspellen of een molecuul een dipoolmolecuul is.

CO_2 is geen dipool en water wel. Dat komt door de symmetrie in CO_2 , het centrum van δ^+ en δ^- valt samen en daarom is het geen dipool.



Isomeren

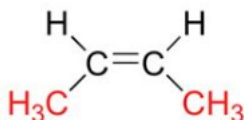
Isomeren zijn verschillende stoffen met dezelfde molecuulformule, ze hebben dus een verschillende structuurformule. Structuur-isomeren heb je in de vierde klas gehad, bv methoxyethaan en propaan-2-ol. Bij stereo-isomeren hebben alle atomen van de isomeren dezelfde buuratomen. Het verschil zit hem in de ruimtelijke structuur. Er zijn twee soorten stereo-isomeren: [cis-trans isomeren](#) en optische isomeren.

cis-trans-isomerie, hiervoor zijn twee dingen nodig:

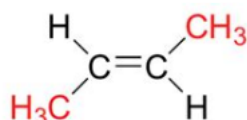
- een starre binding (C=C of een C-C in een ring)
- aan beide kanten van de starre binding zitten twee verschillende groepen.

Als dezelfde groepen aan dezelfde kant (onder of boven) van de dubbele binding zitten heb je de cis-configuratie, als dezelfde groepen tegenover elkaar zitten heb je de trans-configuratie.

Propeen heeft dus geen cis-trans isomeren omdat aan een kant van de C=C twee dezelfde groepen zitten (2 H-atomen). 1-chloorpropeen heeft wel cis-trans isomerie net als bijvoorbeeld but-2-een.



cis-but-2-een



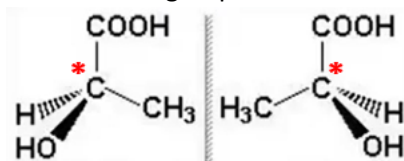
trans-but-2-een



optische isomerie/spiegelbeeldisomerie/enantiomeren

Voor spiegelbeeldisomerie is een asymmetrisch C-atoom nodig, dat wil zeggen een C-atoom met daaraan vier verschillende groepen. Een asymmetrisch C-atoom noteer je als C*. Spiegelbeeldisomeren hebben dezelfde stofeigenschappen, alleen in het draaien van gepolariseerd licht en reacties met biologische moleculen zoals enzymen verschillen optische isomeren.

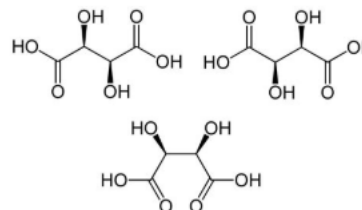
Spiegelbeeldisomeren worden ook wel enantiomeren genoemd. Ook andere atomen dan C met vier verschillende groepen erom heen zijn asymmetrisch als er vier verschillende groepen omheen zitten.



In deze notatie worden de groepen die naar voren uit het vlak steken (-OH in dit voorbeeld) met een dikke lijn getekend. De groepen die naar achteren steken (-H in het voorbeeld) worden met een stippellijn getekend. De andere twee groepen liggen in het vlak.

Als je wilt weten hoeveel stereo-isomeren een stof heeft tel je het aantal asymmetrische C-atomen en het aantal mogelijkheden voor cis-trans isomeren. Het aantal stereo-isomeren is dan $2^{\text{de som van het aantal mogelijkheden}}$.

Op het moment dat er een spiegelvlak is, is er een stereo-isomeer minder. 2,3-dihydroxybutaandizuur heeft twee asymmetrische C-atomen, er zouden dan $2^2=4$ stereo-isomeren zijn. Omdat er een inwendig spiegelvlak is, zijn er $4-1=3$ stereo-isomeren.



Kraken

Dit is een ontledingsreactie waarbij grote alkaanmoleculen worden gesplitst in kleinere moleculen, hierbij ontstaan verzadigde en onverzadigde koolwaterstoffen. Dit wordt in de industrie toegepast om benzine uit aardolie te maken.

Voorbeeld: Decaan is een alkaan met 10 C-atomen. Dit wordt gekraakt tot but-1-een en één ander molecuul. Geef de reactievergelijking.

Voor de formule van decaan vul je $n=10$ in de formule C_nH_{2n+2} in, decaan is dus $C_{10}H_{22}$.

But-1-een is C_4H_8 .



De andere stof die ontstaat is dus hexaan (of een isomeer van hexaan).

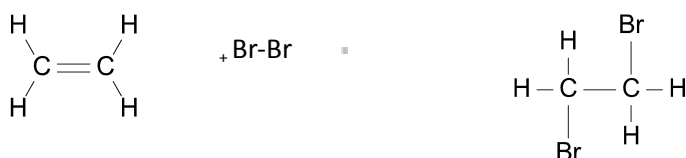
Behalve door kraken kun je benzine uit ruwe aardolie verkrijgen door gefractioneerde destillatie. Dit is een scheidingsmethode. Het mengsel ruwe aardolie wordt gescheiden in fracties. Fracties zijn hier mengsels van stoffen met kookpunten die dicht bij elkaar liggen.

Nafta is een van de fracties van aardolie. De stoffen in nafta kun je via reformen omzetten in grondstoffen voor de chemische industrie.

Additiereactie

Dit woord is afgeleid van het Engelse addition dat optelling betekent.

Bij deze reactie reageert een alkeen met bijvoorbeeld chloor, broom, jood, waterstofchloride, waterstofbromide, waterstofjodide, waterstof of water. De dubbele C=C binding klapt open. De molecuulformule van het reactieproduct is de som van de molecuulformules van de beginstoffen. Als je bijvoorbeeld etheen met broom laat reageren heb je een additiereactie:



Bij deze reactie verdwijnt broom wat een gele kleur heeft. Als je broomwater toevoegt aan een onverzadigde koolwaterstof zal de gele kleur van het broomwater verdwijnen, het ontkleurt. Op deze manier kun je de aanwezigheid van onverzadigde koolwaterstoffen aantonen.

Als je waterstof addeert aan etheen, ontstaat ethaan. Als je water addeert aan etheen, ontstaat ethanol.

Bij de additie van waterstofbromide (HBr) aan but-1-een ontstaat een mengsel van 1-broombutaan en 2-broombutaan.

Een kenmerk van een additiereactie is dat een C=C groep verdwijnt.



Substitutiereactie

Substitute is Engels voor vervangen. Bij een substitutie reactie wordt een H-atoom van een molecuul vervangen door een ander atoom (of groep atomen). Bij een substitutiereactie reageert bijvoorbeeld een alkaan met chloor of broom. Bij zo'n reactie ontstaat ook waterstofchloride of waterstofbromide. Voor substitutiereacties is licht nodig (het zijn endotherme reacties).

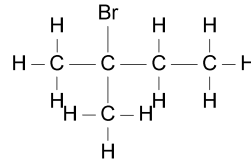
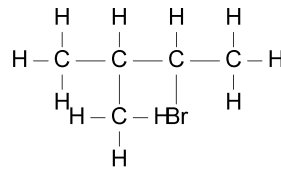
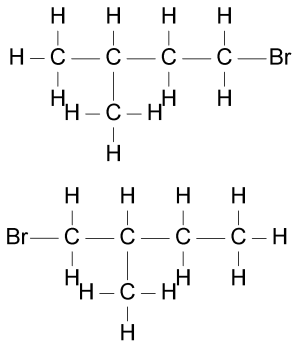
Bij de substitutiereactie tussen broom en propaan kan 1-broompropaan ontstaan.



Let op: er kan ook 2-broompropaan ontstaan.

Voorbeeld: Sjakie mengt methylbutaan en broomwater, hij kiest de condities dat er alleen reactieproducten ontstaan met één broomatoom. Welke reactieproducten zullen ontstaan? Uiteraard ontstaat waterstofbromide, daarnaast een mengsel van vier stoffen:

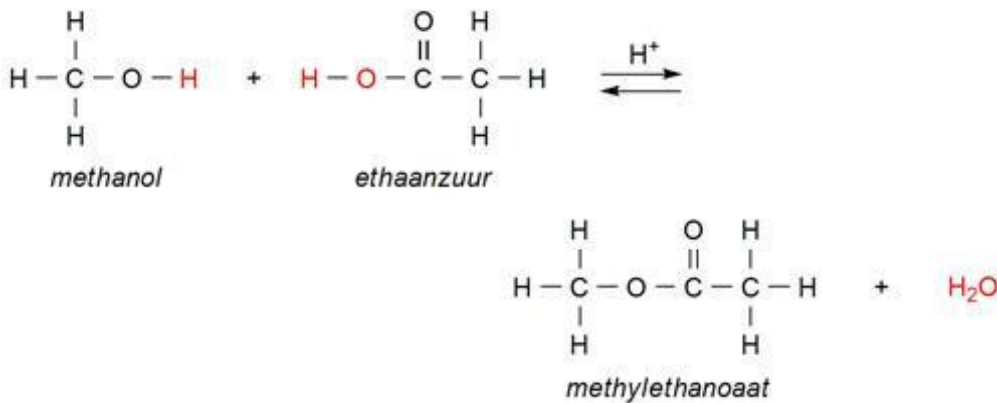




Zulke vragen worden natuurlijk nog leuker als er twee of meer broomatomen zijn uitgewisseld.



Bij een [verestering](#) reageren een alcohol en een carbonzuur tot water en een ester. Hiervoor wordt een sterk zuur gebruikt als katalysator. Het H^+ (de katalysator) staat dan ook niet in de reactievergelijking (maar wordt soms wel boven de reactiepijl gezet). Soms wordt de formule van de katalysator boven de reactiepijl gezet. Verestering is een evenwichtsreactie, de omgekeerde reactie heet hydrolyse.

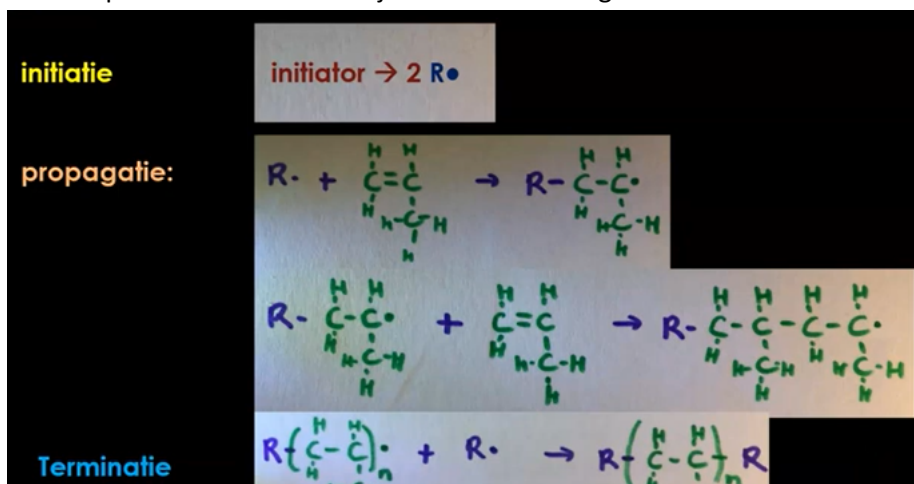


Polymeren

Additie-polymeren

- 1,2 additie $\text{C}=\text{C}$ in de monomeer en alleen $\text{C}-\text{C}$ in de hoofdketen van de polymeer
- [1,4 additie](#), $\text{C}=\text{C}=\text{C}$ in de monomeer een $\text{C}-\text{C}=\text{C}-\text{C}$ in de polymeer

Er zijn drie stappen bij additiepolymerisatie: initiatie, propagatie en terminatie. Bij de initiatie ontstaan radicalen. Bij de propagatie reageert een radicaal met een molecuul tot een nieuw radicaal, deze stap herhaalt zich vaak. Bij de terminatie reageren twee radicalen met elkaar.



Hoe meer van de initiator je toevoegt, hoe meer ketens er tegelijkertijd gevormd worden en hoe korter de ketens gemiddeld worden. Hoe langer de ketens, hoe groter de polymerisatiegraad. De ketens binden elkaar dan sterker dankzij sterkere vanderwaalsbindingen, waardoor het polymeer minder flexibel is dan een polymeer met een lagere polymerisatiegraad.

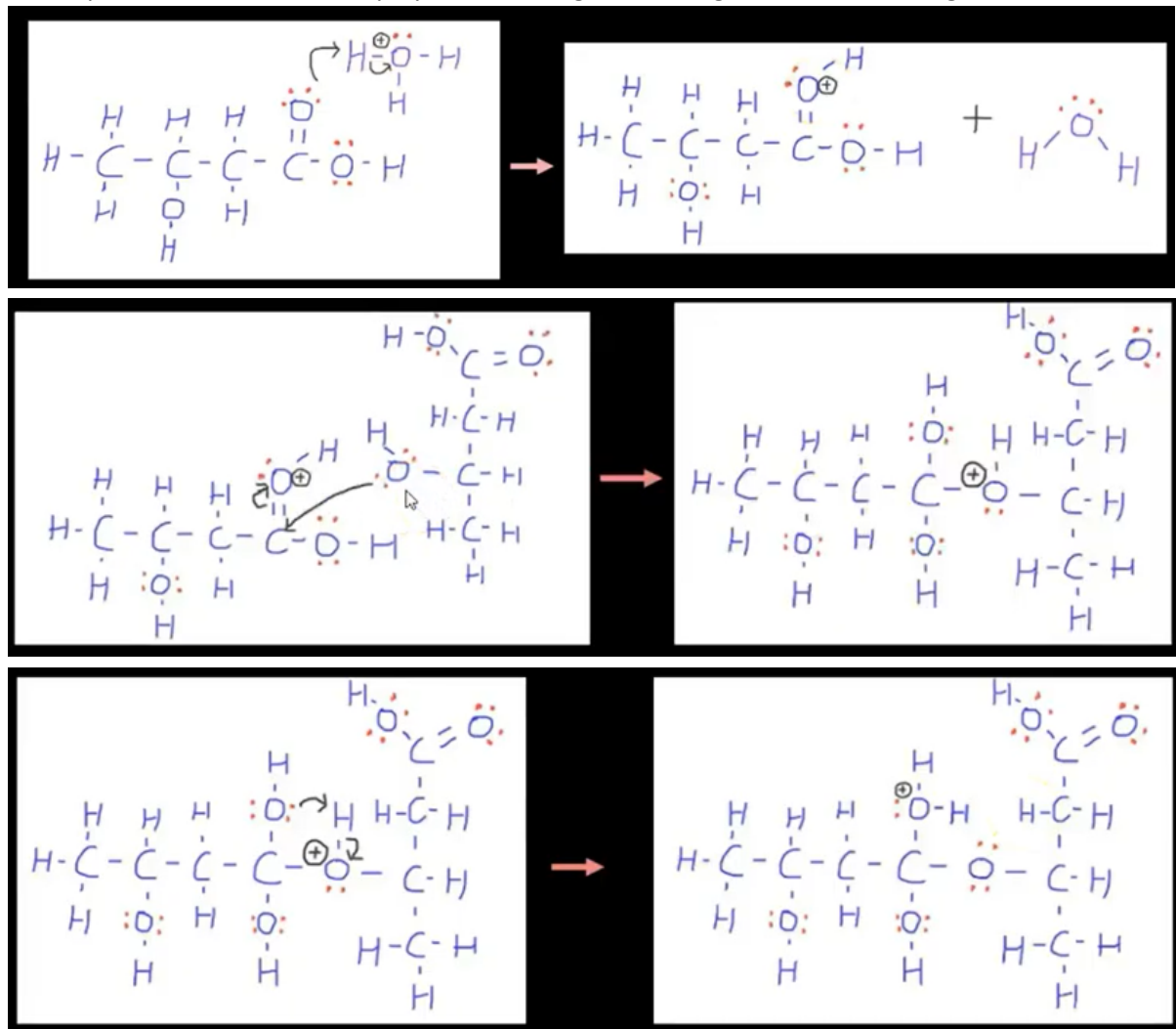
Condensatiepolymeren

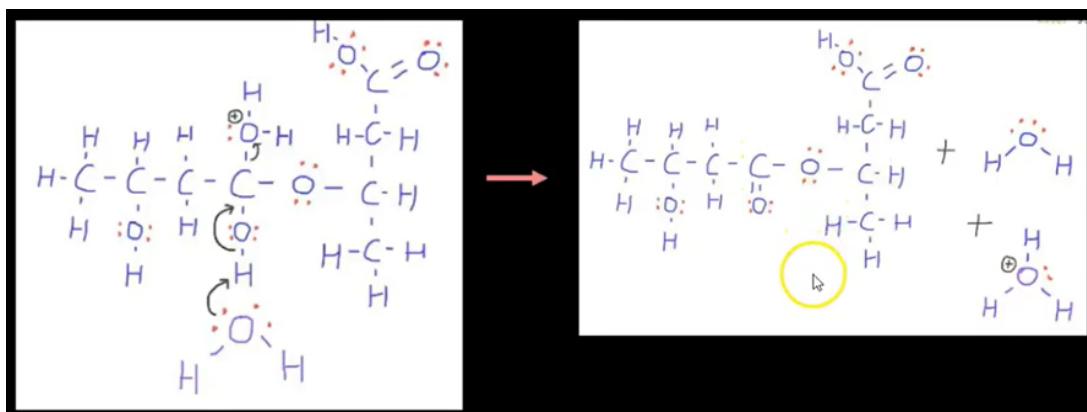
Er wordt bij de polymerisatie naast de polymeer ook een andere stof gevormd, vaak is dit water. Voorbeelden zijn de polyesters en de polyamiden.



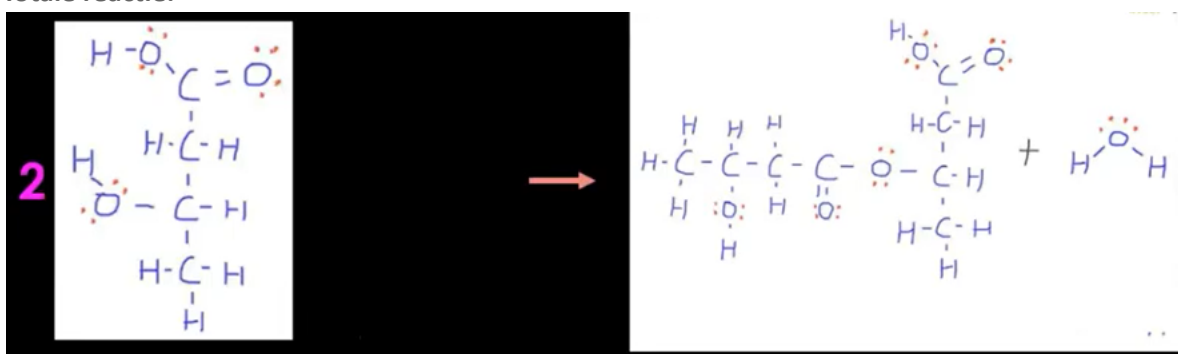
Het 3-hydroxybutaan zuur kan een polyester ontstaan. Het mechanisme staat op de volgende bladzijde. Een sterk zuur wordt als katalysator gebruikt. H_3O^+ is nodig in de eerste stap en wordt in de laatste stap weer teruggevormd. De pijlen geven hierbij aan hoe de elektronen zich verplaatsen.

Als je kijkt in stap 2 dan is de O met  erbij nucleofiel. De O is een beetje negatief geladen en wordt aangetrokken door positieve lading. De C van de $\text{C}=\text{O}$ binding is een beetje positief geladen en elektrofiel. Een vrij elektronenpaar van de nucleofiel O gaat een binding vormen met deze C. Een stap in het vormen van een polyester kan volgens het volgende [mechanisme](#) gaan:

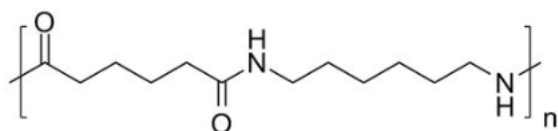




Totale reactie:



Bij een polyamide reageert een -NH_2 groep met een zuurgroep tot een amide-groep, deze groep heet ook peptide-binding omdat deze binding ook in eiwitten voorkomt. Dit is een polyamide dat is gemaakt van hexaandizuur en hexaan-1,6-diamine:



Dit is een voorbeeld van een copolymeer, een polymeer dat gemaakt is van verschillende monomeren

Thermoplasten worden zacht als je ze verhit, ze bestaan uit losse ketens, er zijn geen dwarsverbindingen tussen de ketens.

Thermoharders worden niet zacht als je ze verhit, dit zijn netwerkpolymeren omdat er dwarsverbindingen gevormd zijn tussen de ketens. Deze dwarsverbindingen heten ook wel crosslinks. Crosslinks kunnen bijvoorbeeld ontstaan bij monomeren met drie of meer reactieve groepen.

Polymeren zijn gevoelig voor UV-straling, vooral polymeren met dubbele bindingen. De UV-straling zorgt voor het verbreken van bindingen en de vorming van radicalen. Zo worden de polymeerketens korter en het polymeer minder stevig. Polymeren worden stabiel als je een UV-stabilisator toevoegt. Thermoharders zijn veel minder gevoelig voor UV-straling dan thermoplasten.

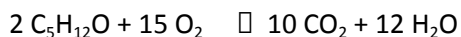
Weekmakers zijn kleine stoffen die worden toegevoegd aan polymeren. De weekmakermoleculen gaan tussen de polymeerketens zitten. De ketens binden zo minder sterk aan elkaar waardoor het polymeer flexibeler wordt. Weekmakers worden bij thermoplasten toegepast, niet bij thermoharders.

Polymeren met om en om C-C en C=C bindingen, zoals polyethyn, kunnen stroom geleiden. Een systeem met om en om enkele en dubbele bindingen heet een geconjugeerd systeem. De elektronen kunnen dan overspringen, vandaar de stroomgeleiding. Als je een oxidator als jood toevoegt, staat

het polymeer elektronen af, het polymeer reageert dan als reductor. Het polymeer dat overblijft, geleidt de stroom beter. Polymeren met dubbele bindingen erin zijn gevoelig voor UV-straling.

Verbranding

Bij een verbrandingsreactie reageert een brandstof met zuurstof. De reactieproducten zijn de oxiden van de elementen waaruit de brandstof is opgebouwd. Bij de verbranding van een koolwaterstof ontstaat het oxide van koolstof, koolstofdioxide (bij een volledige verbranding, bij onvolledige verbranding ontstaat het giftige koolstofmonoxide en roet, C), en het oxide van waterstof, water. De reactievergelijking van de volledige verbranding van pentaan-2-ol is:



Verbrandingen zijn exotherme reacties, bij deze reacties komt netto energie vrij.

Fossiele brandstoffen zijn in de loop van honderden miljoenen jaren ontstaan uit de resten van planten en dieren. De bekendste drie zijn steenkool (voornamelijk C) en de koolwaterstoffen aardolie en aardgas. Bij de verbranding van fossiele brandstoffen ontstaat CO_2 . CO_2 is net als CH_4 een van de veroorzakers van het broeikaseffect, de opwarming van de aarde. Een brandstof met een grote C/H verhouding levert relatief meer CO_2 op bij de verbranding en versterkt het broeikaseffect dus meer. C_7H_{16} levert naar verhouding bijvoorbeeld meer CO_2 op dan CH_4 .



Om het broeikaseffect tegen te gaan kun je alternatieve brandstoffen gebruiken. Een voorbeeld hiervan is bio-ethanol dat gemaakt wordt uit suikerriet. Bioethanol wordt gemaakt door de vergisting van suiker ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2 \text{C}_2\text{H}_6\text{O} + 2 \text{CO}_2$). Bij de verbranding van bio-ethanol komt ook CO_2 vrij. Dit CO_2 is kort daarvoor door het suikerriet via fotosynthese opgenomen uit de lucht. Netto komt er (in theorie) dus geen CO_2 vrij bij het verbouwen van suikerriet en, na een aantal bewerkingen, het verbranden van bio-ethanol. Datzelfde geldt voor biodiesel, dat wordt via een omestering gemaakt uit een olie en methanol. [Biodiesel](#) bestaat uit methylesters van vetzuren.



In een kolenvergasser wordt steenkool eerst omgezet in synthesegas: een mengsel van CO en H_2 . Dit is efficiënter dan een traditionele kolencentrale, zie binas 38B3.

Bij verbranding van fossiele brandstoffen kan ook smogvorming ontstaan door fijnstof, SO_2 , NO_x , C en CO. SO_2 en NO_x (NO en NO_2) zorgen voor zure depositie. SO_2 ontstaat door zwavel dat in brandstoffen als diesel voorkomt. SO_2 kan omgezet worden in zwavelzuur. NO_x ontstaat doordat bij de hoge temperatuur in een motor stikstof en zuurstof uit de lucht met elkaar kan reageren, NO_x kan omgezet worden in salpeterzuur.