

Life Science - Chapter 4: Carbon – The bases of molecular diversity



Jaaroverzicht Life Science

Blok/periode 1

Inleiding tot biologie,
metabolisme

Blok/periode 2

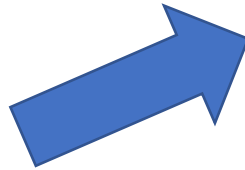
Genetica

Blok/periode 3

Genoomanalyse

Blok/periode 4

Ontwikkelingsbiologie,
zenuwstelsel



Hoofdstuk 1 - Biologie en haar thema's
1.1 en 1.2

Hoofdstuk 6 - Energie en leven
6.1 t/m 6.4

Hoofdstuk 10 - Celrespiratie
10.1 t/m 10.6

Hoofdstuk 3 - Chemie van water
3.1 t/m 3.3

Hoofdstuk 4 - Koolstof: de basis van
moleculaire diversiteit
4.1 t/m

Hoofdstuk 5 - Biologische
macromoleculen en vetten
5.1 t/m 5.5

Hoofdstuk 7 - Celstructuur en functie
7.1 t/m 7.7

Oefenvragen

Wat hebben cellen nodig voor glycolyse onder anaerobe omstandigheden?

A Functionerende mitochondriën

B Zuurstof

C Oxidatieve fosforylatie van ATP

D NAD⁺

E Alle bovenstaande antwoorden zijn correct

Oefenvragen

Wat hebben cellen nodig voor glycolyse onder anaerobe omstandigheden?

A Functionerende mitochondriën

B Zuurstof

C Oxidatieve fosforylatie van ATP

D **NAD⁺**

E Alle bovenstaande antwoorden zijn correct

Oefenvragen

Hoeveel FADH_2 wordt er tijdens de citroenzuurcyclus gevormd uit één glucosemolecuul?

A één

B twee

C drie

D vier

E zes

Oefenvragen

Hoeveel FADH_2 wordt er tijdens de citroenzuurcyclus gevormd uit één glucosemolecuul?

A één

B twee

C drie

D vier

E zes

Oefenvragen

Hoe zijn enzymen van invloed op de vrije energie die vrijkomt bij een exergone reactie?

- A Enzymen verlagen de vrije energie die vrijkomt bij een exogene reactie.
- B Enzymen verhogen de vrije energie die vrijkomt bij een exogene reactie.
- C Enzymen verhogen de vrije energie die achterblijft in de producten van de reactie.
- D Enzymen verlagen de vrije energie die aanwezig is in de reactanten.
- E Enzymen hebben geen invloed op de vrije energie die vrijkomt bij een exogene reactie.

Oefenvragen

Hoe zijn enzymen van invloed op de vrije energie die vrijkomt bij een exergone reactie?

- A Enzymen verlagen de vrije energie die vrijkomt bij een exogene reactie.
- B Enzymen verhogen de vrije energie die vrijkomt bij een exogene reactie.
- C Enzymen verhogen de vrije energie die achterblijft in de producten van de reactie.
- D Enzymen verlagen de vrije energie die aanwezig is in de reactanten.
- E Enzymen hebben geen invloed op de vrije energie die vrijkomt bij een exogene reactie.

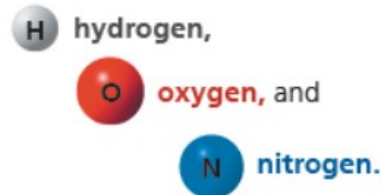
Koolstof: de basis van moleculaire diversiteit

What makes carbon the basis for all biological molecules?

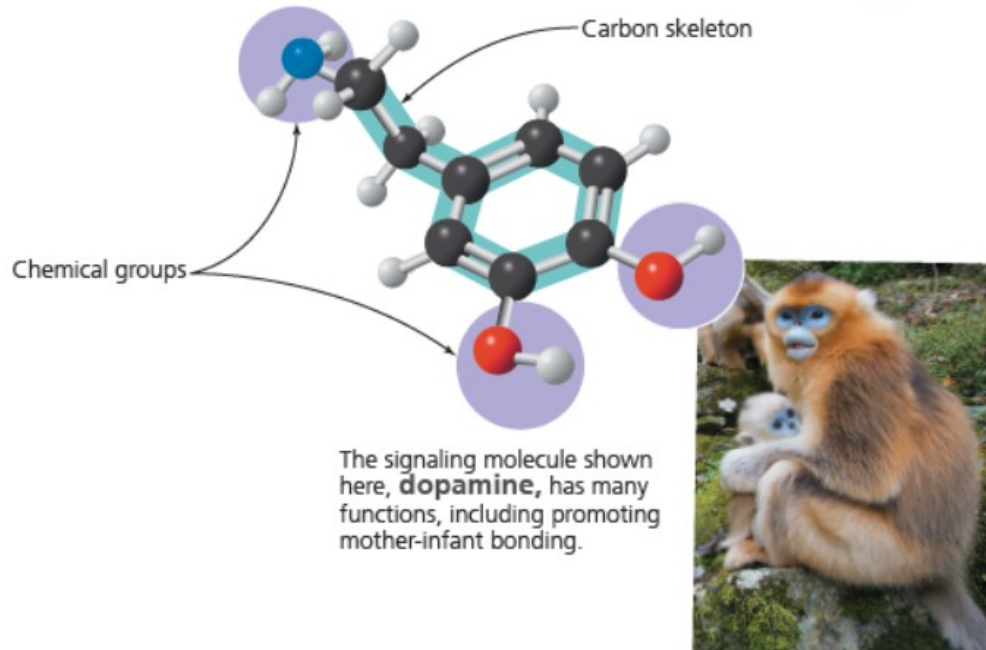
Carbon can form four bonds, and therefore can bond to up to four other atoms or groups of atoms.



Carbon can bond to other carbons, resulting in carbon skeletons. Carbon also commonly bonds to



The properties of a carbon-containing molecule depend on the arrangement of its **carbon skeleton** and on its **chemical groups**.



Organische chemie

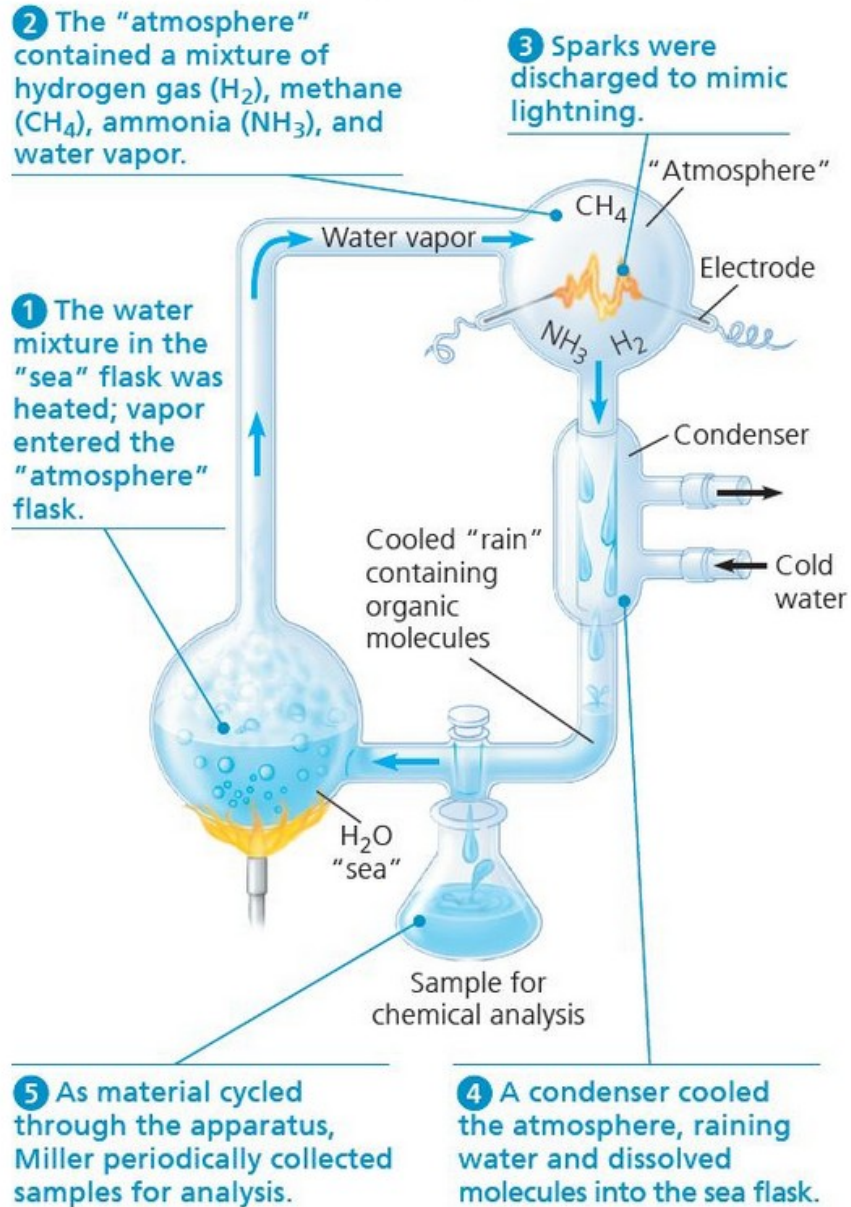


Organische chemie = studie naar koolstof verbindingen



Moleculen die koolstof, waterstof en vaak ook zuurstof bevatten = organische stoffen

Organische chemie



Miller experiment:

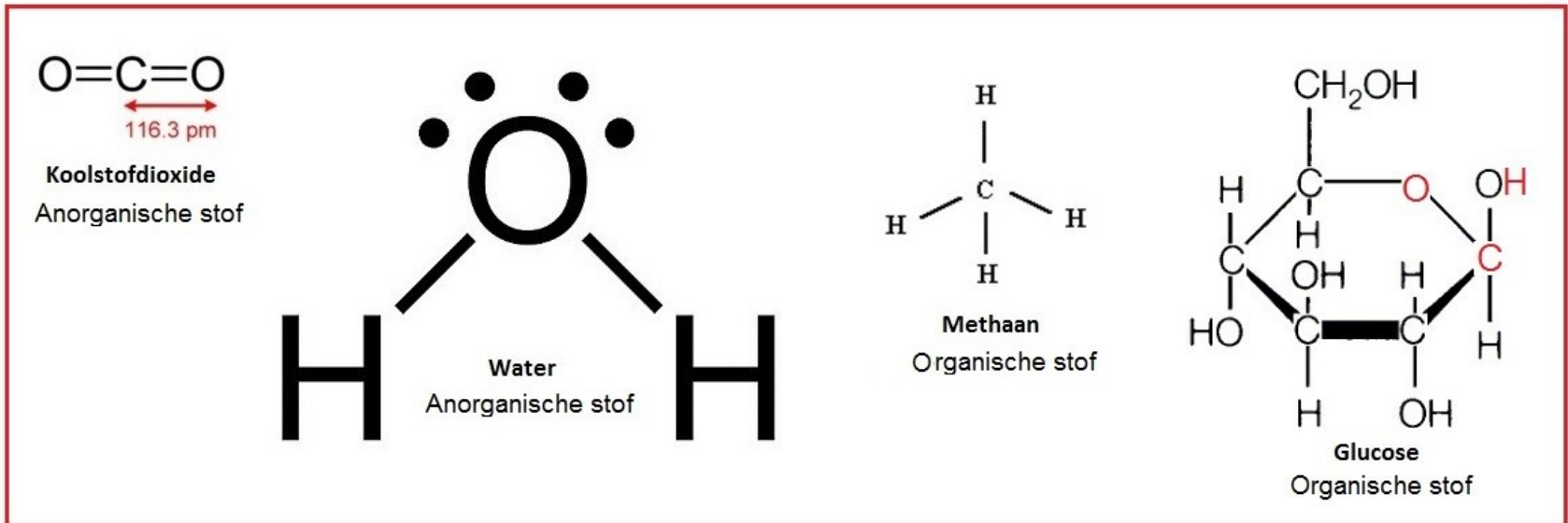
Nabootsen van vroegere omstandigheden op Aarde

Ontstaan er uit abiotische stoffen complex(er)e organische stoffen?

Organische chemie

Naast koolstof (C) worden ook de volgende elementen gelijkmatig in levende organismen gevonden:

- H, waterstof
- N, stikstof
- O, zuurstof
- S, zwavel
- P, fosfor

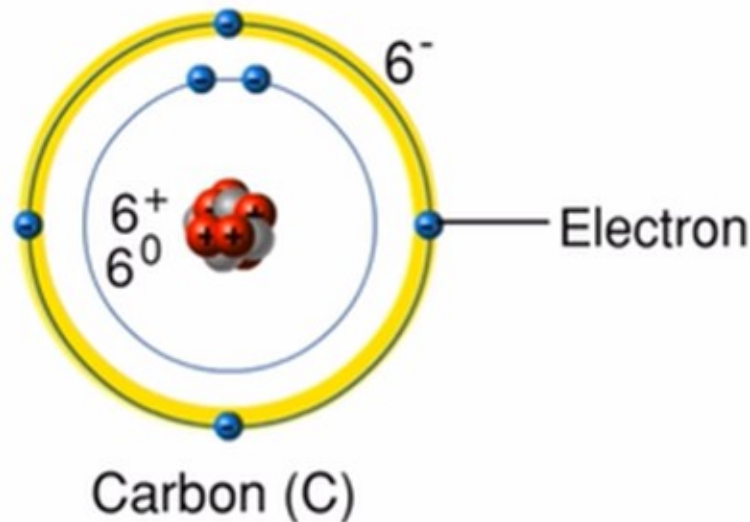


Koolstof en de binding aan vier andere atomen

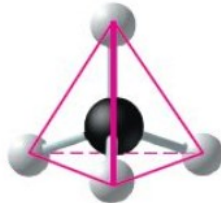
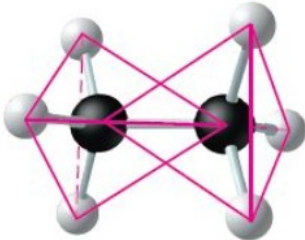
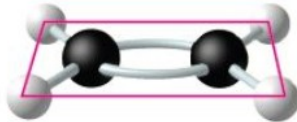
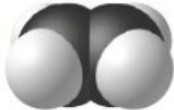
Eén koolstofatoom heeft

- 6 elektronen waarvan
 - 2 elektronen in de eerste schil
 - 4 elektronen in de tweede schil

Eén koolstofatoom kan 4 covalente bindingen aangaan



Koolstof en de binding aan vier andere atomen

Molecule and Molecular Shape	Molecular Formula	Structural Formula	Ball-and-Stick Model (molecular shape in pink)	Space-Filling Model
(a) Methane. When a carbon atom has four single bonds to other atoms, the molecule is tetrahedral.	CH ₄	<pre> H H — C — H H </pre>		
(b) Ethane. A molecule may have more than one tetrahedral group of single-bonded atoms. (Ethane consists of two such groups.)	C ₂ H ₆	<pre> H H H — C — C — H H H </pre>		
(c) Ethene (ethylene). When two carbon atoms are joined by a double bond, all atoms attached to those carbons are in the same plane, and the molecule is flat.	C ₂ H ₄	<pre> H H \ / C = C / \ H H </pre>		

Koolstof en de binding aan vier andere atomen

In een organische stof maakt koolstof covalente bindingen met vooral waterstof, zuurstof en stikstof

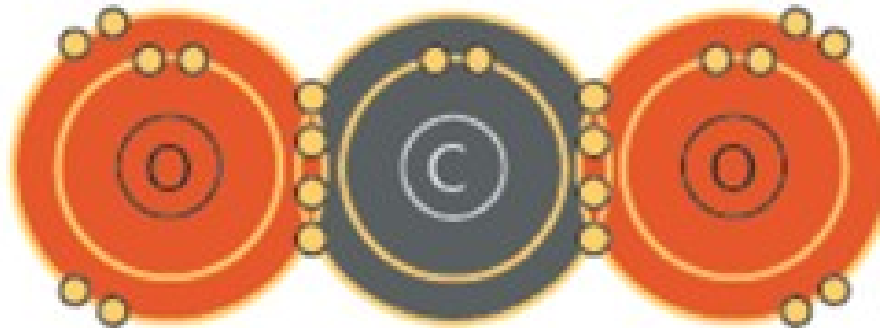
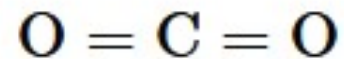
Figure 4.4 Valences of the major elements of organic molecules

	Hydrogen	Oxygen	Nitrogen	Carbon
Lewis dot structure showing existing valence electrons	H•	•Ö:	•N•	•C•
Electron distribution diagram with red circles showing electrons needed to fill the valence shell				
Number of electrons needed to fill the valence shell	1	2	3	4
Valence: Number of bonds the element can form	1	2	3	4

Valence, the number of covalent bonds an atom can form, is generally equal to the number of electrons required to fill the valence shell. (Sodium, phosphorus, and chlorine are exceptions.)

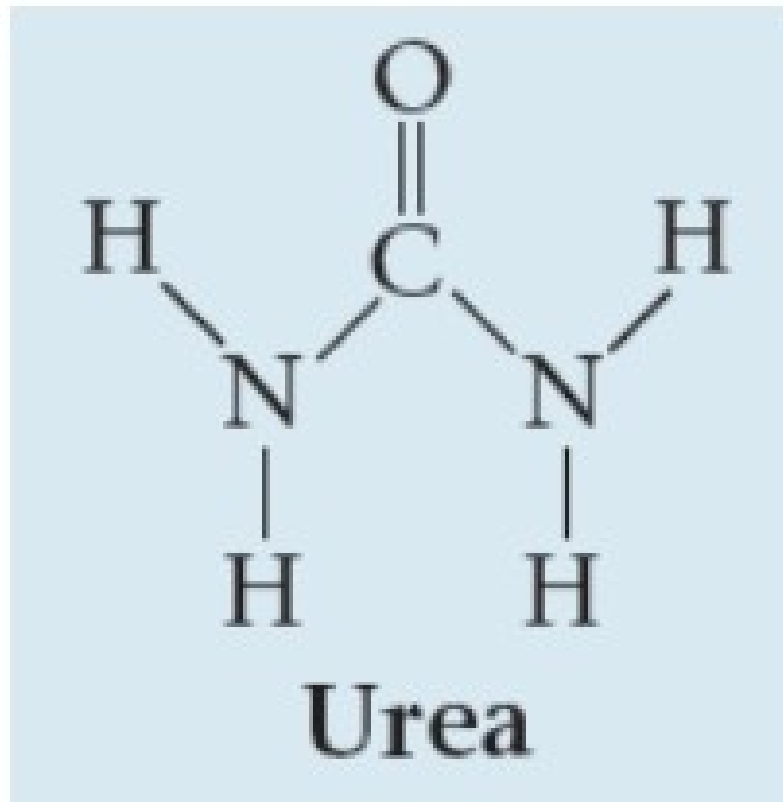
Koolstof en de binding aan vier andere atomen

De bindingen in het anorganische molecuul CO₂



Koolstof en de binding aan vier andere atomen

De bindingen in het organische molecuul ureum:
 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$

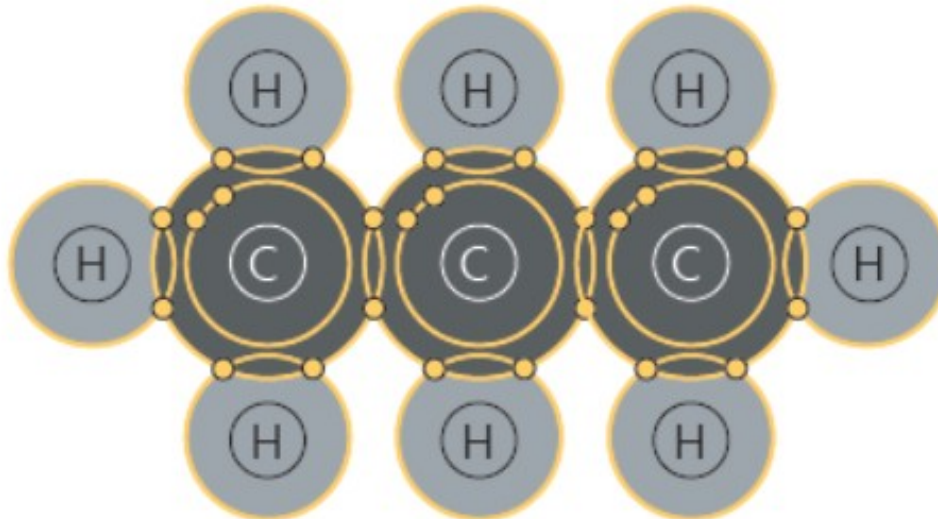


Koolstof en de binding aan vier andere atomen

In de twee voorgaande voorbeelden was er slechts één koolstofatoom

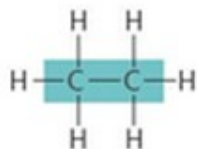
Koolstofatomen kunnen ook lange ketens met koolstofatomen vormen

Hierdoor is er een grote diversiteit aan moleculen mogelijk!

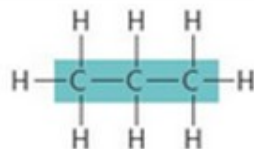


Koolstof en de binding aan vier andere atomen

(a) Length



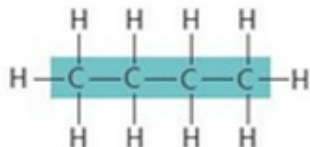
Ethane



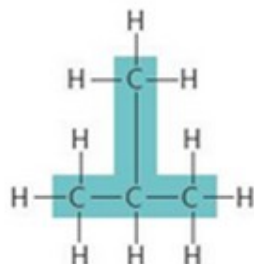
Propane

Carbon skeletons vary in length.

(b) Branching



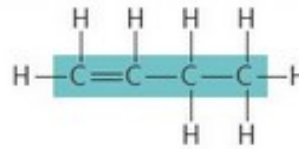
Butane



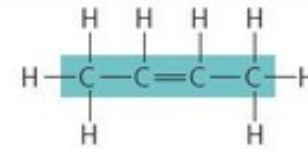
2-Methylpropane
(commonly called isobutane)

Skeletons may be unbranched or branched.

(c) Double bond position



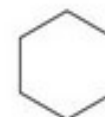
1-Butene



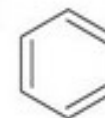
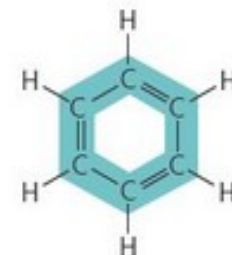
2-Butene

The skeleton may have double bonds, which can vary in location.

(d) Presence of rings



Cyclohexane



Benzene

Some carbon skeletons are arranged in rings. In the abbreviated structural formula for each compound (to its right), each corner represents a carbon and its attached hydrogens.

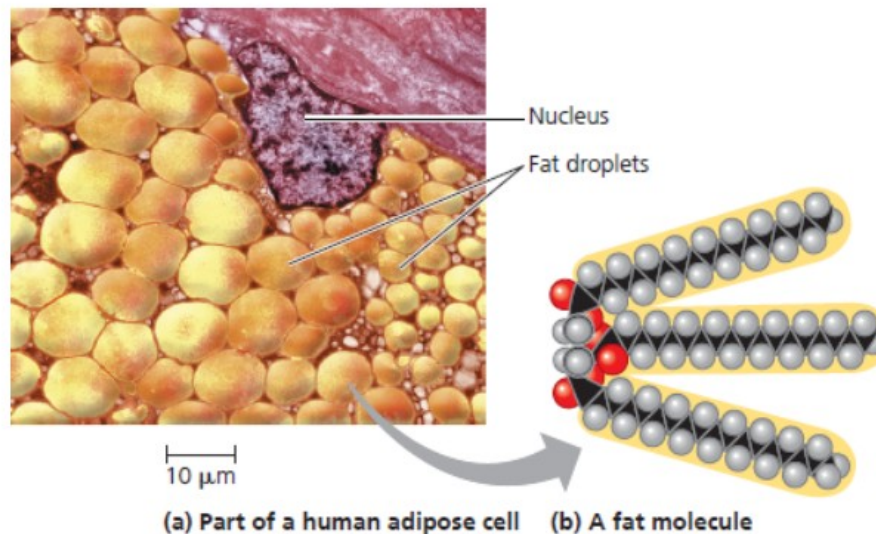
Dit zijn allemaal voorbeelden van koolwaterstoffen

Zie <https://mediaplayer.pearsoncmg.com/assets/secs-campbell-diversity-of-carbon-based-molecules>

Koolstof en de binding aan vier andere atomen

Koolwaterstoffen komen niet veel voor in levende organismen, wel als vetten:

Figure 4.6 The role of hydrocarbons in fats



(a) Mammalian adipose cells stockpile fat molecules as a fuel reserve. This colorized micrograph shows part of a human adipose cell with many fat droplets, each containing a large number of fat molecules. (b) A fat molecule consists of a small, nonhydrocarbon component joined to three hydrocarbon tails that account for the hydrophobic behavior of fats. The tails can be broken down to provide energy. (Black = carbon; gray = hydrogen; red = oxygen.)

Koolstof en de binding aan vier andere atomen

Omdat er zoveel mogelijkheden binnen organische moleculen zijn komt het voor dat de **aantallen** (verschillende) atomen **gelijk** kunnen zijn maar de (ruimtelijke) **structuur** en bijbehorende specifieke eigenschappen **anders**

Dit noemen we isomeren

Er zijn verschillende soorten isomeren:

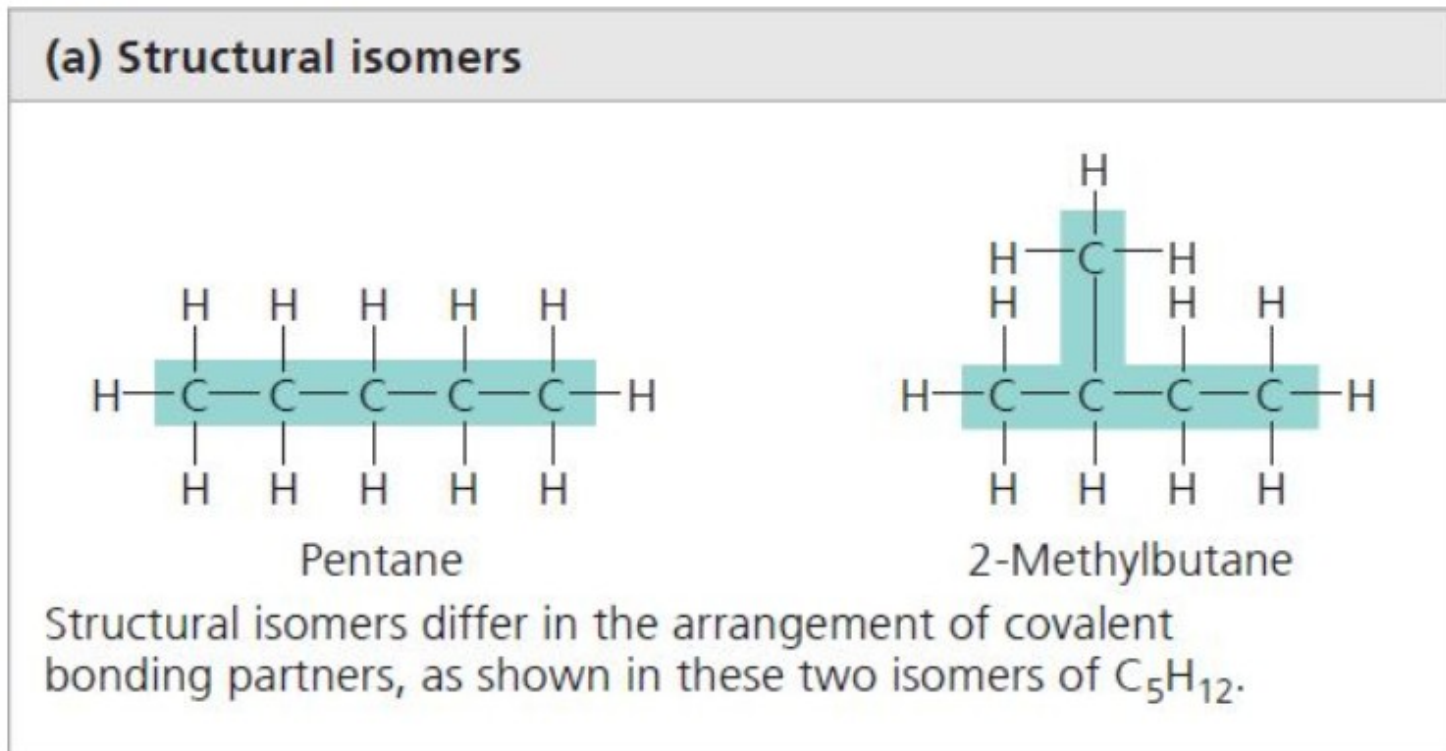
- Structurele isomeren
- Cis-trans isomeren
- Enantiomeren

Koolstof en de binding aan vier andere atomen

Structurele isomeren:

een verschillende covalente schikking tussen de atomen

(hoe langer de koolstofketen groter de variatie in isomeren)

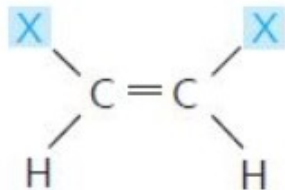


Koolstof en de binding aan vier andere atomen

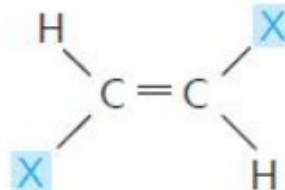
Cis-trans isomeren:

Door de aanwezige dubbele binding(en) zijn de covalente bindingen hetzelfde maar is de ruimtelijke schikking verschillend

(b) *Cis-trans* isomers (also known as geometric isomers)



cis isomer: The two Xs are on the same side.



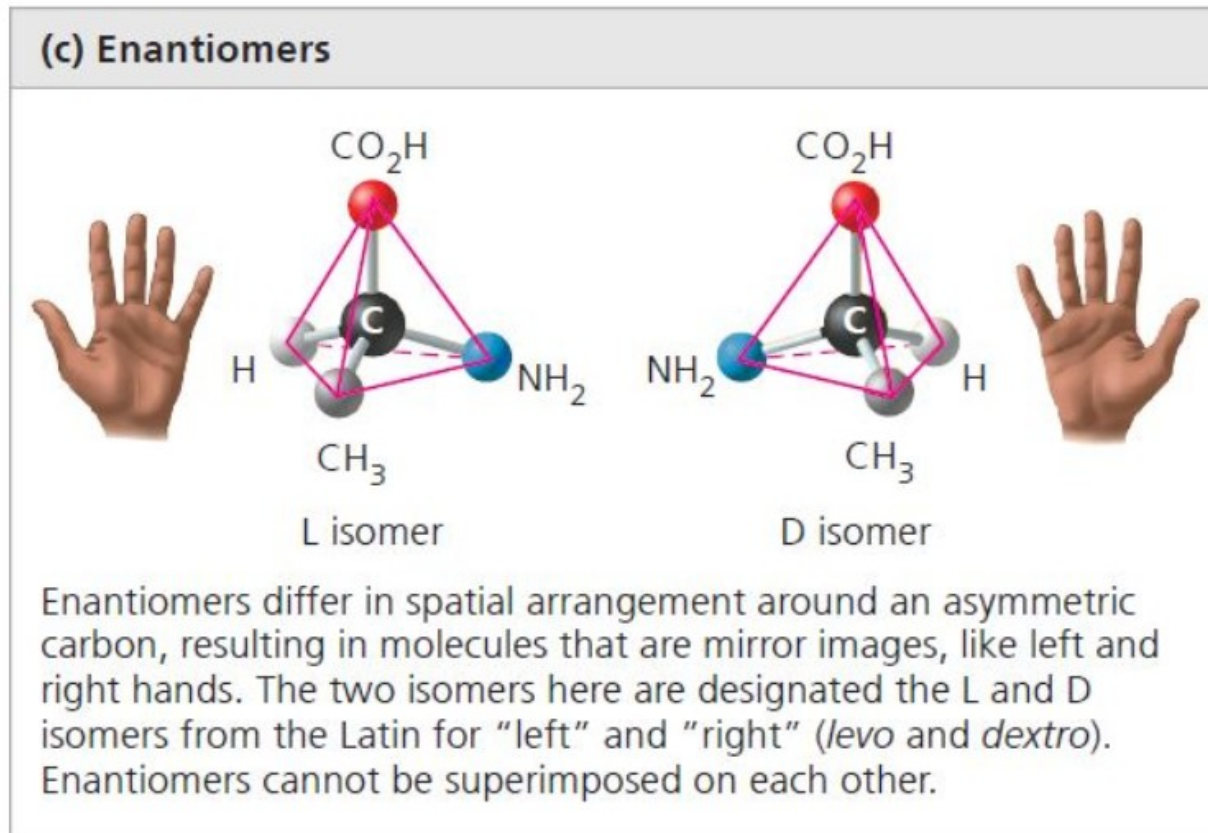
trans isomer: The two Xs are on opposite sides.

Cis-trans isomers differ in arrangement about a double bond. In these diagrams, X represents an atom or group of atoms attached to a double-bonded carbon.

Koolstof en de binding aan vier andere atomen

Enantiomeren:

Spiegel isomeren, verschillen in de ruimtelijke schikking rond een 'asymmetrisch' koolstofatoom



Koolstof en de binding aan vier andere atomen

In de farmaceutische industrie zijn enantiomeren belangrijk

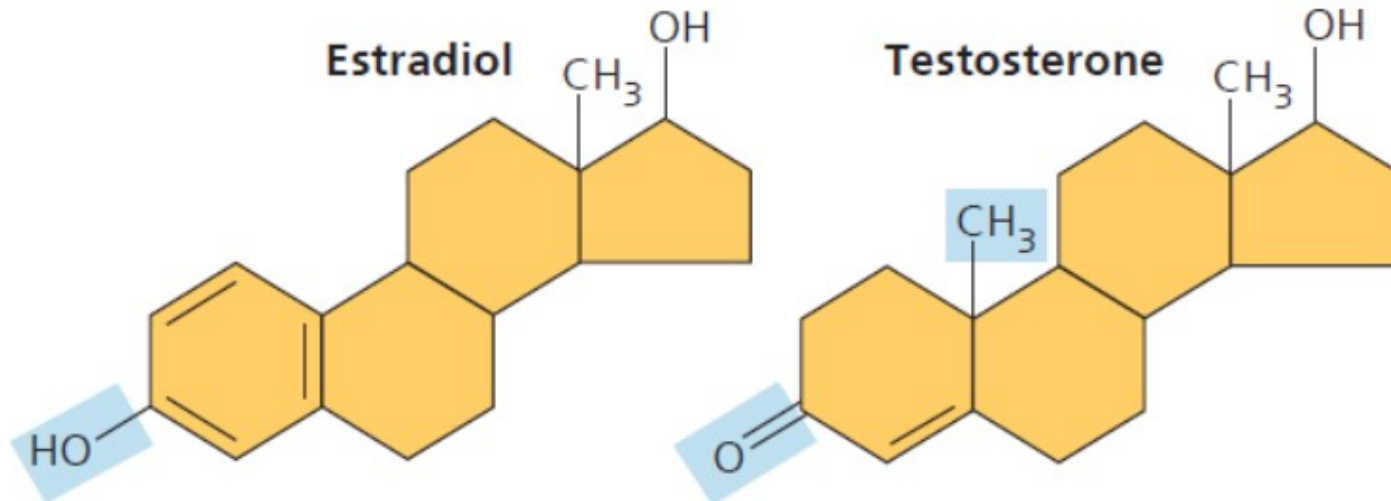
Drug	Effects	Effective Enantiomer	Ineffective Enantiomer
Ibuprofen	Reduces inflammation and pain	 S-Ibuprofen	 R-Ibuprofen
Albuterol	Relaxes bronchial (airway) muscles, improving airflow in asthma patients	 R-Albuterol	 S-Albuterol

Zie <https://mediaplayer.pearsoncmg.com/assets/secs-campbell-isomers-v2>

Belangrijke chemische groepen

De specifieke eigenschappen van organische stoffen worden niet alleen door de (ordening van) koolstofketens bepaald

De verschillende chemische (atoom)groepen verbonden aan koolstof kunnen heel verschillende eigenschappen veroorzaken



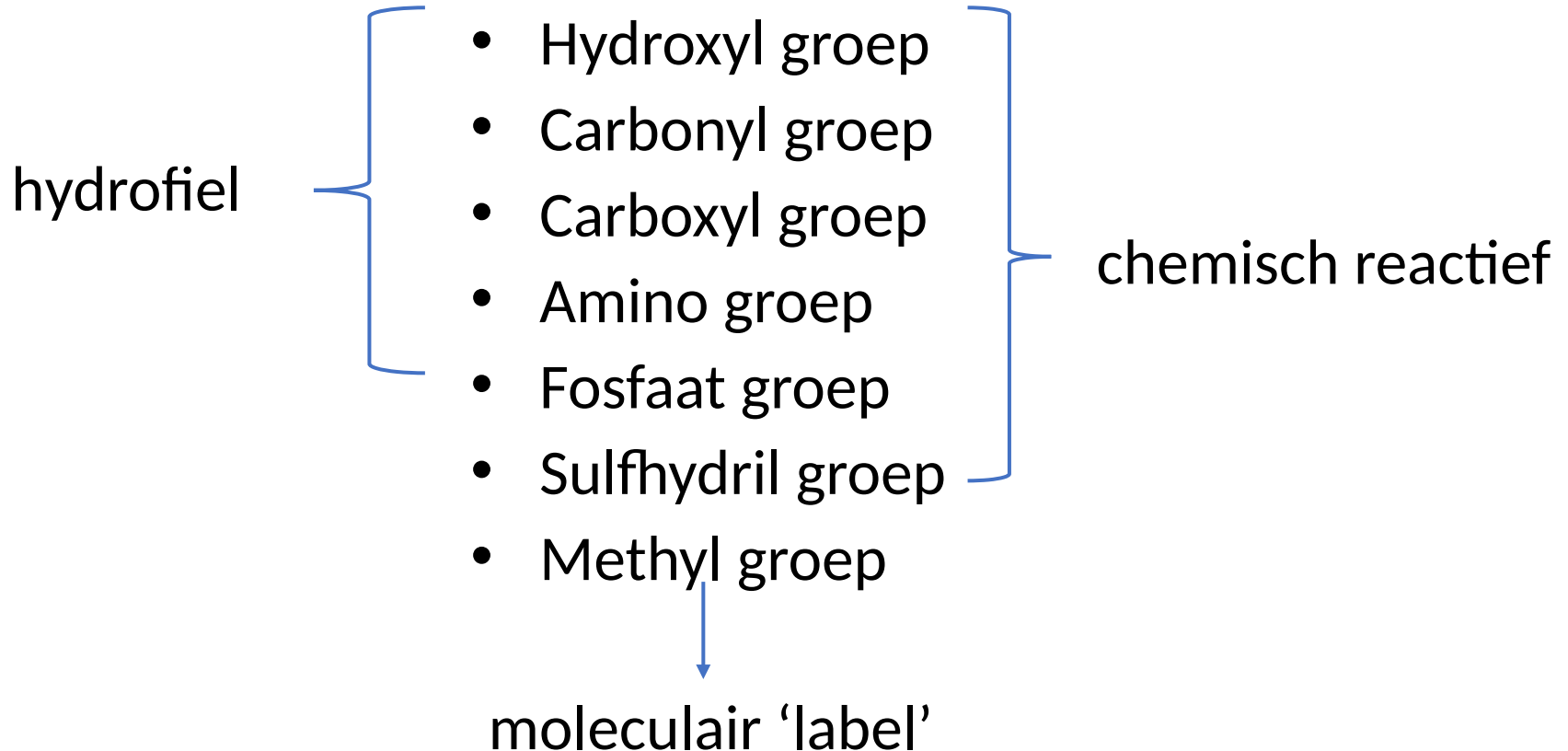
Belangrijke chemische groepen

Er zijn ook chemische groepen in organische moleculen die een belangrijke rol spelen in chemische reacties, dit worden de ***functionele groepen*** genoemd

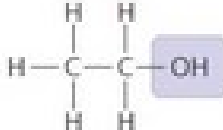
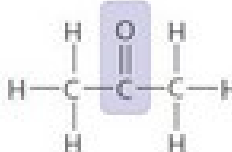
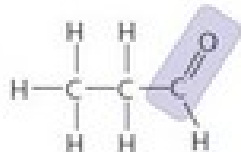
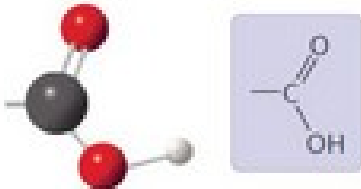
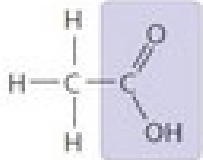
Een functionele groep = een specifieke samenstelling van atomen verbonden aan koolstofketens van organische moleculen en betrokken bij chemische reacties

- Hydroxyl groep
- Carbonyl groep
- Carboxyl groep
- Amino groep
- Sulfhydryl groep
- Fosfaat groep
- Methyl groep

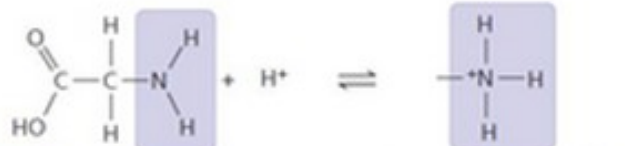
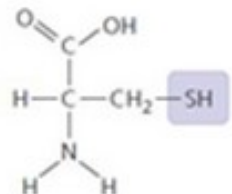
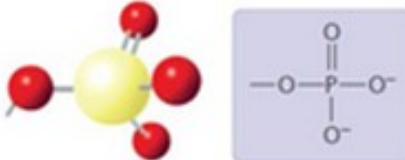
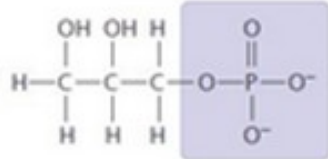
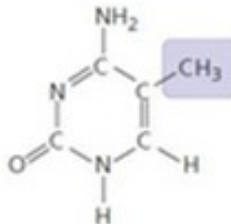
Belangrijke chemische groepen



Belangrijke chemische groepen

Chemical Group	Group Properties and Compound Name	Examples
Hydroxyl group (—OH)  (may be written HO—)	Is polar due to electronegative oxygen. Forms hydrogen bonds with water, helping dissolve compounds such as sugars. Compound name: Alcohol (specific name usually ends in <i>-ol</i>)	 Ethanol , the alcohol present in alcoholic beverages
Carbonyl group ($>\text{C=O}$) 	Sugars with ketone groups are called ketoses; those with aldehydes are called aldoses. Compound name: Ketone (carbonyl group is within a carbon skeleton) or aldehyde (carbonyl group is at the end of a carbon skeleton)	 Acetone , the simplest ketone  Propanal , an aldehyde
Carboxyl group (—COOH) 	Acts as an acid (can donate H^+) because the covalent bond between oxygen and hydrogen is so polar. Compound name: Carboxylic acid , or organic acid	 Acetic acid , which gives vinegar its sour taste $\rightleftharpoons$  + H^+ Ionized form of —COOH (carboxylate ion), found in cells

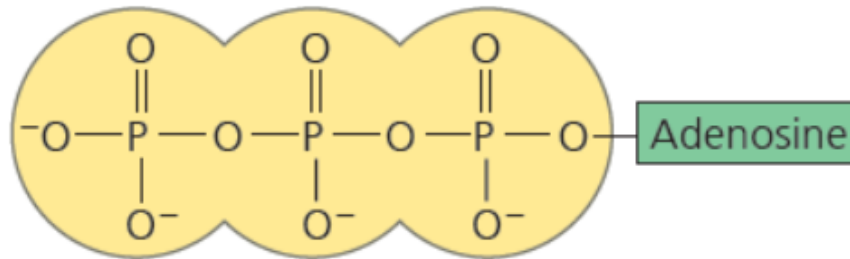
Belangrijke chemische groepen

Amino group (—NH_2) 	Acts as a base; can pick up an H^+ from the surrounding solution (water, in living organisms). Compound name: Amine	 Glycine, an amino acid (note its carboxyl group) Ionized form of —NH_2, found in cells
Sulfhydryl group (—SH)  (may be written HS—)	Two —SH groups can react, forming a "cross-link" that helps stabilize protein structure. Hair protein cross-links maintain the straightness or curliness of hair; in hair salons, "permanent" treatments break cross-links, then re-form them while the hair is in the desired shape. Compound name: Thiol	 Cysteine, a sulfur-containing amino acid
Phosphate group (—OPO_3^{2-}) 	Contributes negative charge (1- when positioned inside a chain of phosphates; 2- when at the end). When attached, confers on a molecule the ability to react with water, releasing energy. Compound name: Organic phosphate	 Glycerol phosphate, which takes part in many important chemical reactions in cells
Methyl group (—CH_3) 	Affects the expression of genes when bonded to DNA or to proteins that bind to DNA. Affects the shape and function of male and female sex hormones. Compound name: Methylated compound	 5-Methylcytosine: Cytosine, a component of DNA, has been modified by addition of a methyl group.

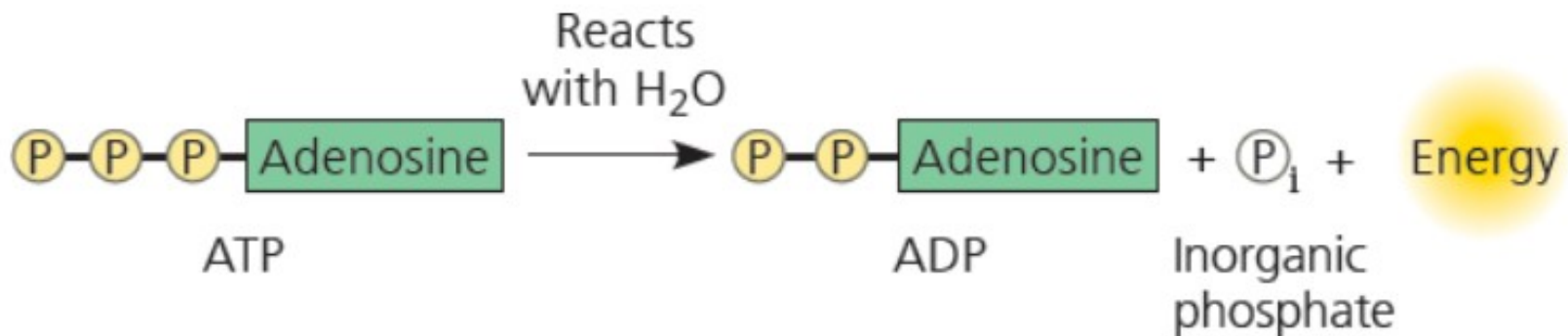
Belangrijke chemische groepen

Een bijzonder organisch fosfaatmolecuul kennen we al:

ATP



ADP + P



Belangrijke chemische groepen

Een bijzonder complex organisch molecuul met fosfaatgroep:

DNA

