

Koolstof

Koolstof (voorgestel in die **periodieke tabel** as “C”) kom hoofsaaklik in sy suiwer vorm in die vorm van drie allotrope voor: diamant, grafiet en buckminsterfullereen (C_{60}). Diamant is ’n kleurlose en deurskynende vaste stof in kristalvorm wat onder meer in juweliersware gebruik word, en die hardste stof is wat ons ken. Grafiet ken jy waarskynlik as die middelste grys gedeelte van jou potlood. ¹ Dit is egter belangrik om daarop te let dat die lood in die potlood, nie die **element** lood (Pb) is nie. Buckminsterfullereen is na die argitek Richard Buckminster Fuller vernoem en word veral vir nanotegnologie (wetenskap en tegnologie wat te doen het met die manipulasie van materie op ’n atomiese en molekulêre skaal) gebruik.



In die geval van grafiet, bind koolstofatome in ’n seshoekige formasie met lae wat op mekaar “gestapel” is. Hierdie lae word deur taamlike swak kragte bymekaargehou. In die geval van diamant, bind koolstofatome tetraëder, of in ’n piramidestruktuur. ² Dít vorm ’n binding wat ewe sterk in alle rigtings is, en dit verklaar waarom ’n diamant die hardste stof is. ³

Koolstof het ’n merkwaardige vermoë om met ander elemente te verbind sodat ander stowwe gevorm word. Daar is soveel koolstofverbindinge dat daar in die natuurwetenskap ’n hele aparte studieveld ontstaan het wat net hierdie **verbindinge** ondersoek. Dit staan as organiese chemie bekend. ³ Koolstof is die element met die meeste aantal verbindinge – meer as 9 miljoen verbindinge wat aan chemici bekend is. ⁴

Koolstof kom in [lewende en nielewende](#) komponente van die [aarde](#) voor, ³ en volgens wetenskaplikes maak dit omtrent 18,5% van alle lewende weefsel uit. ⁵



Wanneer en deur wie is dit ontdek?

Koolstof is al aan die mensdom bekend vandat die eerste mens op aarde aan verbrande hout geraak het. Vorme van koolstof soos diamante, steenkool en grafiet is al in antieke tye gebruik, al het die lede van hierdie kulture nie geweet al hierdie dinge is eintlik verskillende vorme van dieselfde element nie. ¹

Die pad wat wetenskaplikes geloop het om die element koolstof te identifiseer, is so 'n bietjie langer en ingewikkelder.

Die Vlaamse wetenskaplike Jan Baptista van Helmont (1580-1644) was die eerste wetenskaplike wat vasgestel het dat lug nie uit een enkele stof of element bestaan nie. Hy het waargeneem dat verskillende dampe in lug voorkom, en hy was die eerste om hierdie dampe as "gas" te beskryf. ⁶



Jan Baptista van Helmont

Hy het verder waargeneem dat die gas wat deur brandende hout afgegee word dieselfde is as die gas wat afgegee word deur wyn wat **fermenteer** en deur plantmateriaal wat **ontbind**. ⁷ Dit is hoekom hy die gas aanvanklik "gas sylvestre" genoem het - dit beteken 'gas van 'n bos'. ⁴

In Junie 1754 het die Skotse chemikus Joseph Black bewys dat hierdie gas in die [atmosfeer](#) voorkom. Hy was 'n baie noukeurige navorser wat al sy bevindings baie sorgvuldig opgeteken het. ⁸ Hy het waargeneem dat kaliumkarbonaat wat verhit word, 'n gas produseer wat digter as lug is en nie vuur of dierelewe aan die gang kan hou nie. Dit was ook hy wat vasgestel het dat die gas voorkom in die [lug](#) wat mense en diere uitasem, en dat die [gas](#) met ander elemente kan verbind. Black het hierdie gas "vaste lug" genoem. ⁴

In 1772 het 'n Franse wetenskaplike met die naam Antoine Lavoisier die eerste keer koolstof deur middel van 'n reeks eksperimente geïsoleer. Hy het saam met 'n klompie ander wetenskaplikes 'n diamant gekoop wat hulle in 'n geslote glasfles geplaas het en toe met 'n groot vergrootglas en die [son](#) se strale verbrand het. Lavoisier het bevind dat die massa van die glasfles nie verander het toe die

diamant gebrand het nie, en dat die gas in die fles 'n kombinasie van koolstof en [suurstof](#) was - koolstofdiksied. ¹



Antoine Lavoisier

Waar kom dit voor?

Koolstof kom oral voor, van die ribonukleïensuur (RNS) en deoksiribonukleïensuur (DNS) in selle, tot in die buitenste ruimte. ¹

Wetenskaplikes het bevind dat koolstof uit die binnekant van sterre kom. Dit ontstaan in supersterre via die tripelalfaproses. Gedurende hierdie proses smelt drie heliumkerne (alfapartikels) saam.

Wanneer 'n ster 'n **supernova** word, skiet die koolstof die heelal in. Hierdie koolstofdeeltjies kom dan bymekaar en vorm nuwe sterre en [planeete](#). ⁹

Alle organiese verbindings, soos proteïene, koolhidrate en vette, bevat koolstof. Die suikers waarvan RNS en DNS gemaak word, bevat koolstof. Alle plant- en dierselle bestaan uit koolstofverbindings en hulle **polimere**. ² Al die boustene van die menslike liggaam bevat dus koolstof. Al die boustene van lewende organismes bevat koolstof.

Koolstof kom in al vier sferes van die planeet voor: die [biosfeer](#), die **hidrosfeer**, die [atmosfeer](#) en die **litosfeer**. ³

In die aarde se atmosfeer kom koolstof in 'n verbinding met suurstof voor. In hierdie vorm staan dit bekend as koolstofdiksied (koolstof plus twee (-di-) oksiede), en dit word voorgestel as CO_2 . ² Die belangrikste natuurlike bronne van koolstofdiksied op aarde is aktiewe vulkane wat gas saam met lawa in die atmosfeer uitskiet, en van groot veld- en bosbrande wat die gas in die atmosfeer afskei. ¹⁰

Die son en ander sterre bevat koolstof, en dit kom in die atmosfeer van ander planeete voor, gewoonlik ook in die vorm van koolstofdiksied. ¹



Waarvoor word dit gebruik?

Jy weet reeds dat koolstof 'n belangrike bestanddeel van ons planeet se atmosfeer is. Koolstofdiksied in die atmosfeer se belangrikste funksie is om warmte in ons atmosfeer vas te vang en die temperatuur op die planeet te reguleer. Daarsonder sou ons planeet so koud gewees het dat mense en diere nie hier kon oorleef nie. ¹¹

Koolstof vermeerder nie op aarde nie, maar dit skuif van een sfeer na die ander soos wat ons dit gebruik. Die proses waardeur koolstof in die natuur **gesirkuleer** word, staan bekend as die koolstofsiklus. Hierdie siklus is vir ons as mense en vir ons hele planeet lewensbelangrik. ¹²



Plante vorm 'n integrale deel van die koolstofsiklus. Plante wat fotosinteer, absorbeer koolstofdiksied (CO_2) vanuit die atmosfeer. Tydens [fotosintese](#), breek die watermolekule af. Die waterstofatome bind met die koolstofdiksied om glukose te vorm, terwyl die suurstofatoom in die atmosfeer vrygestel word. ¹³ Wanneer die plant doodgaan of verbrand word, word die koolstof weer in die atmosfeer vrygestel. Hierdie koolstof verbind met die suurstof in die lug om weer CO_2 te vorm. ⁹



Die koolstofsiklus is nie net vir plante belangrik nie, maar ook vir diere, of verbruikers. Die koolstof wat die plante deur middel van fotosintese opneem en uiteindelik in die vorm van glukose stoor, is die plant se brandstof. Plante verander glukose in stysel of ander chemiese verbindings en stoor dit in blare, wortels en selfs die sade. Mense en diere wat plante eet, eet dit eintlik vir die brandstof wat in die plant gestoor is. Ons kry hierdie koolstofbrandstof in die vorm van koolhidrate in. Die vette wat 'n mens in plantprodukte soos olyfolie en sonneblomolie kry, bevat ook alles koolstof. Diere wat plante vreet, neem hierdie koolstof op, en as ons diereprodukte soos vleis, botter, melk en jogurt eet of drink, kry ons die koolstof wat die diere uit die plante gekry het, in. En elke sel in 'n

lewende organisme bevat ook proteïen, 'n stof wat uit aminosure saamgestel word. Hierdie aminosure bestaan hoofsaaklik uit koolstof. ¹⁴



Mense en diere fotosinteer nie, hulle respireer. Tydens respirasie vind die omgekeerde plaas as by fotosintese: Die liggaam neem suurstof op en skei koolstof (in die vorm van koolstofdiksied) af. ⁸



Plante verskaf nie net brandstof vir ander organismes nie, hulle het ook die brandstof gemaak waarmee ons masjiene aandryf. In plantmateriaal wat miljoene jaar gelede doodgegaan het en al eeue lank onder die aarde se oppervlak lê, vorm die koolstof 'n verbinding met [waterstof](#) om koolwaterstof te maak. Dit is die bestanddeel in brandstowwe soos steenkool, olie en aardgas wat ons gebruik om **nywerhede** aan die gang hou. ¹ Hierdie brandstowwe word letterlik aan die brand gestee om die [energie](#) daaruit te verkry, en die produk van die verbranding is ook koolstofdiksied. Wanneer hierdie brandstowwe sonder genoeg suurstof verbrand word, vorm koolstofmonoksied (CO). Dit is 'n gevaarlike gas wat lugbesoedeling veroorsaak en mense en diere kan doodmaak. ⁸



Deesdae brand die mens soveel koolwaterstowwe dat die hoeveelheid koolstof in die atmosfeer opbou of vermeerder. Voor die eerste [Industriële Revolusie](#) en die opkoms van nywerhede wat tipies groot hoeveelhede koolstof afskei, was die koolstoftelling in die aarde se atmosfeer 280 deeltjies per miljoen. Wetenskaplikes beraam dat koolstof in die aarde se atmosfeer tans meer as 400 deeltjies per miljoen is. ⁴

Hierdie opbou van koolstofdiksied lei tot [aardverwarming](#). Die verwarming veroorsaak dat die temperatuur van die seewater styg, en dit maak dat die ys op die Noord- en Suidpool smelt. Aardverwarming veroorsaak ook dat die klimaat in alle streke op aarde verander, want die warmer seewater beteken dat minder water verdamp om [reën](#) te maak. Woestyne word droër, en wêrelddele wat vantevore baie sneeu gehad het wat riviere die hele jaar aan die gang hou, kry nie

meer so baie sneeu nie. ¹⁵



Dit is dus noodsaaklik dat ons almal van ons **koolstofvoetspoor** bewus sal wees sodat ons hierdie proses van aardverwarming kan keer.

Basiese eienskappe van koolstof

Atoomgetal (getal protone in die kern): 6

Simbool op die [periodieke tabel](#): C

Relatiewe **atoommassa** (A_r): 12,011

Fase van [materie](#) teen kamertemperatuur: [Vaste stof](#)

Kookpunt: 4,827 °C

Smeltpunt: 3,550 °C ²



'n Nota oor atoommassa

'n Massaspektrometer kan gebruik word om atoommassa akkuraat te bereken. Wetenskaplikes het 'n standaardmassa van 12 ame (atoommassa-eenheid) aan die koolstofatoom (koolstof-12) toegeken. Die massa van koolstof-12 is $1,99 \times 10^{-26}$ kg, en ander **atome** se massa kan relatief tot hierdie atoommassakonstante bepaal word.

Vandag praat wetenskaplikes van die relatiewe atoommassa (A_r). Hierdie waarde het geen eenheid nie, want dit is slegs 'n syfer wat aandui hoeveel maal groter een atoom van die spesifieke element is as een twaalfde van die [massa](#) van 'n koolstof-12-atoom. ¹⁶



Bohr-model

Die Deense wetenskaplike Niels Bohr (1885-1962) het 'n atoommodel voorgestel. Hierdie model word soms die *planetêre atoommodel* genoem. Die **elektrone** beweeg in hul spesifieke energievlakke al óm die kern. Deur die aantal energievlakke en elektrone te tel, kan die atoom maklik uitgeken word. ¹⁴



Niels Bohr

'n *Atoom* is die kleinste deeltjie van 'n chemiese element wat selfstandig of in verbinding met ander [atome](#) kan bestaan. Atome bestaan weer uit kleiner deeltjies wat *subatomiese deeltjies* genoem word. Daar is drie soorte subatomiese deeltjies, naamlik elektrone, **protone** en **neutrone**. Die koolstofatoom het 'n atoomgetal van 6. Dit beteken dat die atoom ses protone het. Atome het 'n neutrale lading, en daarom is daar ook ses elektrone wat óm die kern beweeg. Dit het ook ses neutrone wat saam met die protone in die kern voorkom. Koolstof het drie isotope.



Woordbank

aardverwarming	'n Styging in die temperatuur van die aarde se atmosfeer.
atmosfeer	Die gasse om die aarde.
atome	Die kleinste deeltjies van 'n chemiese element wat selfstandig of in verbinding met ander atome kan bestaan.
atoomgetal	Die getal protone in die kern van die atoom.
atoommassa	Word ook <i>massagetal</i> genoem. Dit is die totale aantal protone en neutrone in die kern van die atoom.
biosfeer	Die dele van die land, see en atmosfeer waarin lewe voorkom.

deoksiribonukleïensuur (DNS)	DNS is die genetiese materiaal wat die oorgeërfde eienskappe van 'n individu bevat, byvoorbeeld oogkleur en lengte. ¹⁸ Die meeste DNS kom in die selkern van liggaamselle voor, waar sommige weer in die mitochondria voorkom. <i>Mitochondria</i> is gespesialiseerde onderdeeljies van elke sel in die liggaam. Elke mens s'n verskil, behalwe in die geval van identiese tweelinge. ¹⁹
elektrone	Baie klein, negatief gelaaide deeltjies (partikels) wat in die energievlakke van 'n atoom rondbeweeg. Elektrone maak die vorming van chemiese verbindings moontlik. ⁵
element	Dit is 'n stof wat saamgestel is uit atome wat dieselfde atoomgetal het.
fermenteer	Gis.
gesirkuleer	In 'n siklus (kringloop) gebruik.
hidrosfeer	Al die aarde se water.
koolstofvoetspoor	Die hoeveelheid koolstof wat ons agterlaat.
litosfeer	Die rotsagtige buitelaag van die aarde.
neutrone	Neutrale deeltjies (partikels) wat geen elektriese lading het nie en saam met protone in die kern van die atoom voorkom. 'n Neutron en proton het dieselfde gewig. ⁵
nywerhede	Onderneming wat goed vervaardig.
ontbind	Deur natuurlike prosesse afgebreek word.
periodieke tabel	Dit is die tabel van die elemente, gerangskik volgens toenemende atoomgetal, sodat elemente met soortgelyke eienskappe in dieselfde vertikale kolom voorkom.
polimere	Makromolekules wat eintlik 'n klomp eenvoudige molekules is wat op 'n spesifieke manier verbind het.
protone	Positief gelaaide deeltjies (partikels) wat in die kern van 'n atoom voorkom en die elektrone in posisie hou. Atome het ewe veel protone as elektrone en het dus 'n neutrale lading. ⁵

ribonukleïensuur (RNS)	'n Organiese molekule wat uit 'n groot aantal nukleotiede opgebou is en in die selkern en sitoplasma van selle aangetref word. Dit is verantwoordelik vir die oordrag van genetiese boodskappe van die selkern na die sitoplasma.
supernova	'n Ster wat ontplof.
verbindings	Dit is die samevoeging van ongelyksoortige atome tot molekules.

Lees hierdie artikels om nog meer te leer oor koolstof

- ['n Vinnige oorsig oor koolstof](#)

Kyk hierdie video's om nog meer te leer oor koolstof

'n Oorsig oor koolstof en die koolstofsiklus

Die verband tussen koolstof, die mens se koolstofvoetspoor en aardverwarming

So word die koolwaterstofbrandstowwe gevorm