**9. tétel  
A természetes szenek allotrópjainak kristályszerkezete, a szén oxidjai**

**Szén (C)**

A **szén** a [periódusos rendszer](http://hu.wikipedia.org/wiki/Peri%C3%B3dusos_rendszer) egy [kémiai eleme](http://hu.wikipedia.org/wiki/K%C3%A9miai_elem). Vegyjele **C**, [rendszáma](http://hu.wikipedia.org/wiki/Rendsz%C3%A1m_%28k%C3%A9mia%29) 6. A IV. főcsoportba, a [nemfémek](http://hu.wikipedia.org/wiki/Nemf%C3%A9mek) közé tartozik. Négy vegyértékű, a természetben nagy mennyiségben előforduló elem. Több allotróp módosulata is létezik: legjelentősebbek a [grafit](http://hu.wikipedia.org/wiki/Grafit), a [gyémánt](http://hu.wikipedia.org/wiki/Gy%C3%A9m%C3%A1nt) és a [fullerének](http://hu.wikipedia.org/wiki/Fuller%C3%A9n).

* A [gyémánt](http://hu.wikipedia.org/wiki/Gy%C3%A9m%C3%A1nt) a legkeményebb ismert [ásvány](http://hu.wikipedia.org/wiki/%C3%81sv%C3%A1ny). Az sp3-[hibridizáció](http://hu.wikipedia.org/wiki/Hibridiz%C3%A1ci%C3%B3) során négy, egyenértékű sp3 hibridpálya jön létre, úgy, hogy a szénatom egy szabályos tetraéder középpontjában helyezkedik el és a kötések a tetraéder csúcsai felé mutatnak. A tetraéderes elrendeződés miatt a létrejövő molekulák nagy stabilitásúak. Széles tiltott sávú [félvezető](http://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A9lvezet%C5%91). Nagy a fénytörése, és ha idegen anyagokkal érintkezik megváltozhat a színe. Áramot nem vezet.
* A [grafit](http://hu.wikipedia.org/wiki/Grafit) egyike a legpuhább anyagoknak. Lágy és könnyen hasad, a papíron nyomot hagy. A hőt és elektromosságot jól vezeti. Az sp2-hibridizáció során csak három elektron vesz részt a kötések kialakulásában, ezek három, ugyanabban a síkban, egymástól 120°-ra elhelyezkedő kötést eredményeznek, míg a negyedik elektron a síkra merőleges pályán helyezkedik el. A három egymással 120° szöget bezáró kötés eredményezi a grafit, hatszöges rétegekből felépülő, „méhsejt-szerű” atomi elrendeződését.
* A [fullerének](http://hu.wikipedia.org/wiki/Fuller%C3%A9n) [nanométer](http://hu.wikipedia.org/wiki/Nanom%C3%A9ter) nagyságrendű molekulák. Legegyszerűbb formájában 60 szénatom grafitréteget alkot, ami 3 dimenzióban meg van hajlítva, futball-labda alakra. A térfogatuk 70%-ra összenyomva szilárdságuk a gyémántét is meghaladja. Különféle körülmények között alkalmas hőszigetelésre, félvezetésre vagy szupravezetésre.

Az állati szén apró grafitszerű részekből áll. Ezek véletlenszerűen oszlanak el, a struktúra egésze tehát izotrópikus.  
Az úgynevezett „üveges szén” izotrópikus, és az üveghez hasonló tulajdonságokat mutat. A grafitrétegek nem úgy rendeződnek benne, mint a sima grafitban, hanem össze vannak gyűrődve mint egy összegyűrt papíros.  
A szénszál az üveges szénre hasonlít. Különleges kezeléssel (a szálak nyújtása és karbonizációja) a szén síkjait a szál irányába lehet rendezni. A szál tengelyére merőlegesen egyáltalán nem rendeződnek szénsíkok. Ennek eredményeként a szénszál szakítószilárdsága az acélénál is nagyobb lehet.

**Jellemzői:**

A szén több szempontból is figyelemreméltó elem. Különböző formái között megtalálható az ember által ismert egyik legpuhább (grafit) és legkeményebb (gyémánt) anyag is. Ezentúl, könnyen létesít kémiai kötést más kis atomokkal, beleértve más szénatomokat, kis mérete pedig többszörös kötések kialakítására is alkalmassá teszi. Ezen tulajdonságai miatt több mint 10 millió különböző vegyületet alkot. A szénvegyületek a [földi](http://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%B6ld) élet alapjául szolgálnak, és a [szén-nitrogén ciklus](http://hu.wikipedia.org/w/index.php?title=Sz%C3%A9n-nitrog%C3%A9n_ciklus&action=edit&redlink=1) során a [Nap](http://hu.wikipedia.org/wiki/Nap) és más [csillagok](http://hu.wikipedia.org/wiki/Csillag) energiatermelésében is részt vesz.

A [Nagy Bumm](http://hu.wikipedia.org/wiki/Nagy_Bumm) során nem keletkeztek szénatomok, mivel azok csak alfa-részecskék (hélium atommagok) hármas ütközése során jöhetnek létre. Az univerzum kezdetben túl gyorsan tágult és hűlt le ahhoz hogy ez megtörténhessen. Termelődik viszont szén [felszálló ágban](http://hu.wikipedia.org/wiki/Hertzsprung%E2%80%93Russell-diagram) lévő csillagok belsejében, ahol a három alfás (vagy Salpeter-) ciklus során a [hélium](http://hu.wikipedia.org/wiki/H%C3%A9lium) atommag alakul nagyon rövid időre [berilliummá](http://hu.wikipedia.org/wiki/Berillium), majd szénné.

A periódusos rendszer egyetlen elemének, a szénnek ma több ismert vegyülete van, mint az összes többi elemnek együttvéve. A napjainkig megismert szénvegyületek száma több, mint 5 millió. Ezt a szénatom különleges tulajdonságai teszik lehetővé.  
Az alapállapotú szénatom elektronszerkezete: 1*s*22*s*22*p*2 A szénatom vegyértékelektronjából kettő párosított és kettő párosítatlan. A párosított elektronok egyike energia felvételével az üres 2p atompályára kerül. Ezt követően (kötések létesülésekor) az 1 db 2s pálya hibridizálódik (keveredik, kombinálódik) a 3 db 2p pályával és 4 db egymással egyenértékű (azonos energiájú) *sp*3-hibridpálya jön létre. A szénatom nemesgázszerkezet eléréséhez négy elektront képes felvenni, amit négy kovalens kötés kialakításával ér el.

**Csoportosítása:**

A szerves vegyületek csoportosítására lehetőséget ad a szénlánc alakja. Eszerint megkülönböztetünk nyílt láncú és zárt láncú (gyűrűs) vegyületeket. az elágazást nem tartalmazó szénláncot normális szénláncnak nevezzük. a valóságban a láncok nem egyenesek, hanem "zegzugosak". Ennek az az oka, hogy a szénatomok a tetraéderes kötésirányok miatt sosem esnek egy egyenesbe. A nyílt láncú szénvegyületek lehetnek normális vagy elágazó láncúak.  
A szénatomok közötti kötések alapján is csoportosíthatjuk a szénvegyületeket. Azokat s szerves vegyületeket, melyekben a szénatomok csak egyszeres kovalens kötéssel kapcsolódnak egymáshoz, telített vegyületeknek nevezzük. Azokat a szénvegyületeket, amelyek molekuláiban vannak olyan szénatompárok, amelyek közt kétszeres vagy háromszoros kötés is van, telítetlen szénvegyületeknek nevezzük. (Mindkét csoportban lehetnek nyílt láncú és gyűrűs molekulák is.)

**Felhasználása:**

A szén minden ismert élet alapja, enélkül az élet – ahogy mi ismerjük – nem létezhetne. A gazdaság a szenet főleg mint ásványi szén használja. Elsősorban elektromos energia elállítására a széntüzelésű [erőművekben](http://hu.wikipedia.org/wiki/Er%C5%91m%C5%B1). De nagy mennyiségű szén kell a vasolvasztókban, ahol a szén égése a magas hőmérsékletet szolgáltatja, és egyidejűleg kiredukálja a vasat a vasércből. A világon ma évente kb. 4.5 milliárd tonna szenet bányásznak (2007). Kényelmes fosszilis tüzelőanyagok a szénhidrogének (földgáz, nyersolaj). A nyersolajból az olajipar benzint, gázolajat, kerozint, kenőolajokat stb. állít elő a lepárlóüzemekben. A nyersolaj képezi az alapját számos szintetikus anyagnak, amiket összefoglalóan [műanyagoknak](http://hu.wikipedia.org/wiki/M%C5%B1anyag) hívunk.

Egyéb felhasználásai:

* 14C-izotópot (felfedezése: [1940](http://hu.wikipedia.org/wiki/1940). [február 27.](http://hu.wikipedia.org/wiki/Febru%C3%A1r_27.)) használnak a radiokarbon kormeghatározásban
* Egyes füstdetektorok kis mennyiségű radioaktív szénizotópot tartalmaznak ionizáló sugárzásforrásként. (A legtöbb ilyen detektor [amerícium](http://hu.wikipedia.org/wiki/Amer%C3%ADcium)-izotópot használ.)
* a grafitot agyagásványokkal vegyítve a ceruzabél anyagát kapjuk
* az ékszergyémántot díszítésre használják
* az ipari gyémánt keménysége miatt fúró, vágó ill. csiszoló anyag
* szenet adnak a [nyersvashoz](http://hu.wikipedia.org/wiki/Vas) az acél előállítása során
* grafitot használnak némelyik típusú atomerőmű (Csernobil) moderátor anyagaként
* az orvosok széntablettát adnak mérgezések esetén, mert jól megköti a mérgeket
* élelmiszer-adalékként jele E153

A fullerének kémiai és szerkezeti tulajdonságai ígéretes jövőt jósolnak neki a nanotechnológiában (szén nanocsövek).

## A szén allotróp módosulatai

A szénnek legalább négy allotróp alakjáról tudunk: amorf szén, [grafit](http://hu.wikipedia.org/wiki/Grafit), [gyémánt](http://hu.wikipedia.org/wiki/Gy%C3%A9m%C3%A1nt) és a [fullerének](http://hu.wikipedia.org/wiki/Fuller%C3%A9n). [2004](http://hu.wikipedia.org/wiki/2004). [március 22-én](http://hu.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1rcius_22.) jelentették be egy ötödik alak létezését. Az amorf alak lényegében megegyezik a [grafittal](http://hu.wikipedia.org/wiki/Grafit), de nincsen kristályos makroszerkezete. Ehelyett porszerű anyag, ami a [faszén](http://hu.wikipedia.org/w/index.php?title=Fasz%C3%A9n&action=edit&redlink=1) fő alkotóelemét adja.

**Allotrópia:**   
Az allotrópia lényege, hogy egyes [kémiai](http://hu.wikipedia.org/wiki/K%C3%A9mia) elemek különböző kristályszerkezetű, ill. relatív molekulatömegű ún. *allotróp módosulatok*ban is előfordulhatnak. Az allotróp átalakulás [fázisátalakulás](http://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1zis%C3%A1talakul%C3%A1s), amely egyes esetekben mindkét irányba végbemehet, más esetekben csak egy irányban lehetséges. Allotróp módosulat pl. a gyémánt és a grafit, a vörös és a fehér foszfor, az oxigén (O2) és az ózon (O3). Az allotróp módosulatok fizikai sajátságai mindig eltérők, és kémiai tulajdonságaik is különböznek egymástól. E sajátságok oka az eltérő kristály-, ill. molekulaszerkezet.

**Grafit**

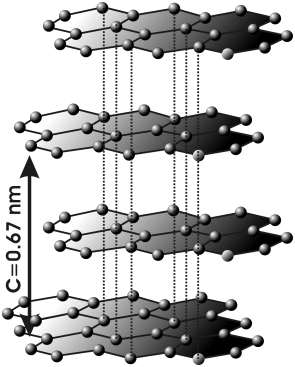
Normál [légköri nyomáson](http://hu.wikipedia.org/w/index.php?title=L%C3%A9gk%C3%B6ri_nyom%C3%A1s&action=edit&redlink=1) a szén grafit alakban létezik, ilyenkor minden [atomja](http://hu.wikipedia.org/wiki/Atom) három vele egy síkban lévő atomhoz kötődik, és így egymásba fonódó hatszögű gyűrűket alkotnak, hasonlóan az [aromás szénhidrogénekhez](http://hu.wikipedia.org/wiki/Arom%C3%A1s_sz%C3%A9nhidrog%C3%A9n). A grafit hexagonális (alfa-grafit) és romboéderes (béta-grafit) rendszerben [kristályosodhat](http://hu.wikipedia.org/wiki/Krist%C3%A1ly). A természetben található grafit max. 30%-ot tartalmaz a béta-formából, míg a mesterségesen előállított grafit egyáltalán nem tartalmaz. Az alfa-grafitból bétát előállítani mechanikai kezeléssel lehet, a béta-grafit pedig 1000 °[C](http://hu.wikipedia.org/wiki/Celsius-sk%C3%A1la) fölé hevítve visszaalakul alfa-grafittá. Delokalizált pi-mezője miatt a grafit vezeti az [elektromosságot](http://hu.wikipedia.org/wiki/Elektromoss%C3%A1g). Mivel a grafit puha, és rétegeit csak a [van der Waals-erő](http://hu.wikipedia.org/w/index.php?title=Van_der_Waals-er%C5%91&action=edit&redlink=1) tartja össze, jól hasítható.

**Kémiai és fizikai tulajdonságai:**

* **Képlete:** C ([szén](http://hu.wikipedia.org/wiki/Sz%C3%A9n))
* **Szimmetriája:** α-grafit hexagonális (hexagonális holoéderes), α'-grafit trigonális (ditrigonális szkalenoéderes)
* [**Sűrűsége**](http://hu.wikipedia.org/wiki/S%C5%B1r%C5%B1s%C3%A9g)**:** 2,15 g/cm3
* [**Keménysége**](http://hu.wikipedia.org/wiki/Kem%C3%A9nys%C3%A9g)**:** 1 (a [Mohs-féle keménységi skálán](http://hu.wikipedia.org/wiki/Mohs-f%C3%A9le_kem%C3%A9nys%C3%A9gi_sk%C3%A1la))
* **Hasadása:** kitűnően hasad és könnyen transzlatálható
* **Színe:** acélszürke, vasfekete; nem átlátszó (opak)
* **Porszíne:** fekete fénylő
* **Fénye:** fémfényű vagy fénytelen
* **Egyéb jellegzetes tulajdonságai:** A [gyémánttal](http://hu.wikipedia.org/wiki/Gy%C3%A9m%C3%A1nt) ellentétben vezeti az elektromosságot.
* **Olvadáspontja:** kb. 3700 °C-on

**Megjelenési formái:**

Szerkezete jellegzetes rétegrács. A hexagonális hálózatú rétegekben az atomok távolsága (1,42 Ǻ) kisebb, mint a a [gyémántrácsban](http://hu.wikipedia.org/wiki/Gy%C3%A9m%C3%A1nt) (1,542 Ǻ), míg két szomszédos réteg 3,35 Ǻ (10 Ǻ = 1 nm) távolságra van egymástól. A rétegsíkokat gyenge *van-der-Waals-erők* tartják össze. Fejlett lapokkal határolt, kristályos alakban ritka, többnyire pikkelyes-leveles vagy vaskos, szemcsés, néha földes halmazokban jelenik meg.



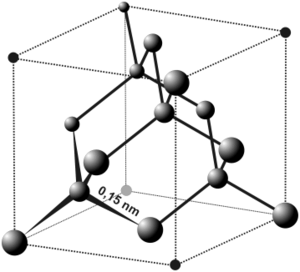
**Előfordulása, képződése:**

* **Metamorf eredet** – Metamorfizált kőzetekben szerves eredetű grafit képződik kőszenes üledékekből, nyomás és hőmérséklet együttes hatására, de kontakt metamorf hatásra is keletkezik.
* **Magmás keletkezés** – Gránitpegmatitokban, gránit-mészkő kontaktusán, valamint hidrotermális képződése is ismert.
* **Meteorit ásvány** – Főként vas-, de egyes szilikátmeteoritokban is megtalálható kisebb-nagyobb gumókban.

**Gyémánt**

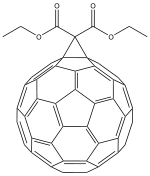
Igen nagy [nyomáson](http://hu.wikipedia.org/wiki/Nyom%C3%A1s) keletkező allotróp szénmódosulat a [gyémánt](http://hu.wikipedia.org/wiki/Gy%C3%A9m%C3%A1nt), melyben minden szénatom egy szabályos [tetraéder](http://hu.wikipedia.org/wiki/Tetra%C3%A9der) középpontjában helyezkedik el, és a kötések a tetraéder csúcsai felé mutatnak. A szén-szén kötés ereje miatt a [bór-nitriddel](http://hu.wikipedia.org/w/index.php?title=B%C3%B3r-nitrid&action=edit&redlink=1) együtt a legnagyobb a [keménysége](http://hu.wikipedia.org/wiki/Kem%C3%A9nys%C3%A9g) az ismert [anyagok](http://hu.wikipedia.org/wiki/Anyag) között. [Szobahőmérsékleten](http://hu.wikipedia.org/wiki/Szobah%C5%91m%C3%A9rs%C3%A9klet) észrevehetetlenül lassan a stabilabb grafit-alakba megy át.

**Fizikai és kémiai tulajdonságai:**  
A *gyémánt* rendkívül kemény, [rideg](http://www.freeweb.hu/hmika/Lexikon/Html/Ridegseg.htm).  
Színtelen [köbös lapcentrált rácsszerkezetű kristály](http://www.freeweb.hu/hmika/Lexikon/Html/Kristaly.htm)a, tetraéderes koordinációjú.   
A [szén](http://www.freeweb.hu/hmika/Kemia/Html/Szen.htm)atomok úgy helyezkednek el benne, mintha a [metán](http://www.freeweb.hu/hmika/Kemia/Html/Metan.htm)ban a [hidrogén](http://www.freeweb.hu/hmika/Kemia/Html/Hidrogen.htm)ek helyén is szénatomok lennének és minden egyes [szén](http://www.freeweb.hu/hmika/Kemia/Html/Szen.htm)atom egy újabb tetraéder részét alkotná. A tiszta *gyémánt* szintelen [kristály](http://www.freeweb.hu/hmika/Lexikon/Html/Kristaly.htm)okból áll.  
[Keménység](http://www.freeweb.hu/hmika/Lexikon/Html/Kemenyse.htm)e valamennyi ismert anyag között az egyik legnagyobb, a csak [bór](http://www.freeweb.hu/hmika/Kemia/Html/Bor.htm)- és bizonyos más [karbidok](http://www.freeweb.hu/hmika/Lexikon/Html/Karbid.htm) illetve [nitridek](http://www.freeweb.hu/hmika/Lexikon/Html/Nitrid.htm) közelítik meg.   
Vezetőképessége kicsi.   
1500°C felett spontán *grafit*tá alakul.   
Mesterségesen is előállítható *gyémánt* [grafit](http://www.freeweb.hu/hmika/Kemia/Html/Grafit.htm)ból igen nagy [nyomás](http://www.freeweb.hu/hmika/Lexikon/Html/Nyomas.htm)on.   
A *gyémánt* [sűrűség](http://www.freeweb.hu/hmika/Lexikon/Html/Fajsuly.htm)e feltűnően nagy, mert a [szén](http://www.freeweb.hu/hmika/Kemia/Html/Szen.htm)atom átmérője kicsi.   
Ezek a tulajdonságok a [szén](http://www.freeweb.hu/hmika/Kemia/Html/Szen.htm)atomok közötti erős [kovelens kötés](http://www.freeweb.hu/hmika/Lexikon/Html/KovKot.htm) következményei.   
Két szomszédos [szén](http://www.freeweb.hu/hmika/Kemia/Html/Szen.htm)atom távolsága 1,54 [Angström](http://www.freeweb.hu/hmika/Lexikon/Html/Angstrom.htm), a C - C - C [vegyértékszög](http://www.freeweb.hu/hmika/Lexikon/Html/VegyeSzo.htm) 109°28' (tetraéder[szög](http://www.freeweb.hu/hmika/Lexikon/Html/Szog.htm)). Ez a [vegyértékszög](http://www.freeweb.hu/hmika/Lexikon/Html/VegyeSzo.htm) jellemző pl. a [paraffin szénhidrogén](http://www.freeweb.hu/hmika/Kemia/Html/Alkan.htm)ekre.



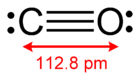
**Felhasználás:**  
Megfelelő nagyságú példányait ékszerekké csiszolják.   
Rendkívüli [keménység](http://www.freeweb.hu/hmika/Lexikon/Html/Kemenyse.htm)ük miatt csiszolóanyagokhoz, vágó-, fúró-, csiszoló szerszámokhoz használják.

**Fullerének**



A fulleréneknek grafithoz hasonló a szerkezetük, de nem tisztán hexagonálisak, hanem öt- és hétszögeket is tartalmaznak, amiktől a grafit síkja szferikus, elliptikus vagy [hengeres](http://hu.wikipedia.org/wiki/Henger) alakban torzul. Kémiai tulajdonágaikat még nem ismerjük tökéletesen. Nevüket [Buckminster Fullerről](http://hu.wikipedia.org/wiki/Buckminster_Fuller) kapták.

**Szén-monoxid (CO)**

[](http://hu.wikipedia.org/w/index.php?title=F%C3%A1jl:Carbon-monoxide-2D-dimensions.png&filetimestamp=20061211235234)

A **szén-monoxid** ([C](http://hu.wikipedia.org/wiki/Sz%C3%A9n)[O](http://hu.wikipedia.org/wiki/Oxig%C3%A9n)) egy színtelen, szagtalan, íztelen [gáz](http://hu.wikipedia.org/wiki/G%C3%A1z). A [szénvegyületek](http://hu.wikipedia.org/wiki/Sz%C3%A9n#Szerves_vegy.C3.BCletei) tökéletlen égése során képződik, főleg [belsőégésű motorokban](http://hu.wikipedia.org/wiki/Bels%C5%91%C3%A9g%C3%A9s%C5%B1_motor). Üzemanyagnak is használható, levegővel jellegzetes kék lánggal ég. Annak ellenére, hogy mérgező, kiterjedten használják vegyipari alapanyagként. Kémiailag egy szénatom kötődik kovalens kötéssel egy oxigénatomhoz. Szobahőmérsékleten gáz [halmazállapotú](http://hu.wikipedia.org/wiki/Halmaz%C3%A1llapot). Erősen mérgező.

**Előállítása:**

A szén-monoxid előállítására többféle módszer létezik.  
A [**szintézisgáz**](http://hu.wikipedia.org/w/index.php?title=Szint%C3%A9zisg%C3%A1z&action=edit&redlink=1) a [vízgőz](http://hu.wikipedia.org/wiki/G%C5%91z) és [szén](http://hu.wikipedia.org/wiki/Sz%C3%A9n) endoterm reakciójával jön létre:

H2O + C → H2 + CO ΔH = 131 kJ/mol

CO előállítható fém-oxidok szenes redukciójával is, ahogy azt az egyszerűsített ábra is mutatja (M=fém):

MO + C → M + CO ΔH = 131 kJ/mol

Miután a CO gáz lesz, a folyamat felgyorsítható hevítéssel.

**Szerkezete:**

A szén-monoxid molekulában a szénatom két párosítatlan [elektronja](http://hu.wikipedia.org/wiki/Elektron) és az oxigénatom párosítatlan elektronjai egy szigma-, és egy pi-kötést létesítenek. A molekulában található harmadik pi-kötés mindkét elektronja az oxigénatomtól származik, ez egy datív kovalens kötés. A molekulában a [kötésrend](http://hu.wikipedia.org/w/index.php?title=K%C3%B6t%C3%A9srend&action=edit&redlink=1) három.A molekula két nemkötő elektronpárt tartalmaz, egyik a szénatomhoz, másik az oxigénatomhoz tartozik.

A szén-monoxid molekulája csaknem teljesen [apoláros](http://hu.wikipedia.org/w/index.php?title=Apol%C3%A1ros&action=edit&redlink=1) annak ellenére, hogy két különböző [elektronegativitású](http://hu.wikipedia.org/wiki/Elektronegativit%C3%A1s) atom kapcsolódik benne össze. Ez azzal magyarázható, hogy a nagyobb elektronegativitású oxigénatom a donor (az az atom, amelyik az elektronpárt adja), a kisebb elektronegativitású szénatom pedig az akceptor. Emiatt nem jut érvényre a kötés poláros jellege.

**Tulajdonságai:**

Nehezen cseppfolyósítható gáz. A sűrűsége közel áll a levegőéhez. A [nitrogénmolekulával](http://hu.wikipedia.org/wiki/Nitrog%C3%A9n) izoszter, ez azt jelenti, hogy azonos a molekulák tömege és megegyezik a molekulát alkotó atomok száma. Emiatt fizikai tulajdonságaik nagyon hasonlóak, közel áll egymáshoz a [sűrűségük](http://hu.wikipedia.org/wiki/S%C5%B1r%C5%B1s%C3%A9g), az [olvadáspontjuk](http://hu.wikipedia.org/wiki/Olvad%C3%A1spont) és a [forráspontjuk](http://hu.wikipedia.org/wiki/Forr%C3%A1spont). A szén-monoxid vízben rosszul oldódik. Redukáló tulajdonságú. A szén-monoxid molekulájában található két nemkötő elektronpár nem egyenértékű, a szénhez tartozó elektronpár donor sajátságú. A szén-monoxid emiatt könnyen képez [komplexeket](http://hu.wikipedia.org/wiki/Komplex_vegy%C3%BClet), átmenetifémekkel képzett komplexeinek neve [fém-karbonil](http://hu.wikipedia.org/w/index.php?title=F%C3%A9m-karbonil&action=edit&redlink=1). A [hangyasav](http://hu.wikipedia.org/wiki/Hangyasav) formális anhidridjének tekinthető, mert hangyasavból [kénsavval](http://hu.wikipedia.org/wiki/K%C3%A9nsav) történő vízelvonáskor szén-monoxid fejlődik, azonban a vízben oldásakor nem keletkezik hangyasav.

\mathrm{H{-}COOH \longrightarrow CO + H_2O}

A [nátrium-hidroxid](http://hu.wikipedia.org/wiki/N%C3%A1trium-hidroxid) 100 °C körüli hőmérsékleten szén-monoxidot köt meg, és a hangyasav nátriumsója, [nátrium-formiát](http://hu.wikipedia.org/wiki/N%C3%A1trium-formi%C3%A1t) keletkezik.

\mathrm{CO + NaOH \rightarrow H{-}COONa}

A [levegő](http://hu.wikipedia.org/wiki/Leveg%C5%91) oxigénje hatására [elég](http://hu.wikipedia.org/wiki/%C3%89g%C3%A9s), [szén-dioxid](http://hu.wikipedia.org/wiki/Sz%C3%A9n-dioxid) keletkezik. Ez a reakció vízgőznyomok hatására megy végbe. [Klórral](http://hu.wikipedia.org/wiki/Kl%C3%B3r) nagyon mérgező [foszgénné](http://hu.wikipedia.org/wiki/Foszg%C3%A9n) (karbonil-kloriddá) egyesül.

\mathrm{CO + Cl_2 \rightleftharpoons COCl_2}

Ha a szén-monoxid [kéngőzökkel](http://hu.wikipedia.org/wiki/K%C3%A9n) reagál, gáz halmazállapotú [karbonil-szulfid](http://hu.wikipedia.org/wiki/Karbonil-szulfid) keletkezik. A karbonil-szulfid könnyen bomlik szén-dioxiddá és [szén-diszulfiddá](http://hu.wikipedia.org/wiki/Sz%C3%A9n-diszulfid).

\mathrm{2 \ CO + 2 \ S \rightleftharpoons 2 \ 
COS \rightleftharpoons CO_2 + CS_2}

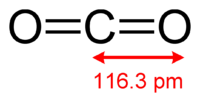
**Élettani hatása:**

A szén-monoxid nagyon [mérgező](http://hu.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9reg) gáz. Mérgező hatása azzal magyarázható, hogy a [vér](http://hu.wikipedia.org/wiki/V%C3%A9r) [hemoglobinjában](http://hu.wikipedia.org/wiki/Hemoglobin) található [vasatomokkal](http://hu.wikipedia.org/wiki/Vas) stabil komplexet, szén-monoxid-hemoglobint képez, ezzel a szervezet oxigénfelvételét és oxigénellátását akadályozza. A hemoglobin akkor is megköti a szén-monoxidot, ha a [levegő](http://hu.wikipedia.org/wiki/Leveg%C5%91) szén-monoxid tartalma csekély. 250-szer nagyobb affinitással kötődik a vér hemoglobinjához, mint az oxigén.[[2]](http://hu.wikipedia.org/wiki/Sz%C3%A9nmonoxid#cite_note-1)

* Azonnali hatása: fejfájás, szédülés, émelygés, a látás- és hallásképesség csökkenése.[[3]](http://hu.wikipedia.org/wiki/Sz%C3%A9nmonoxid#cite_note-auto2-2)
* Tartós hatása: a szívizmot ellátó koszorúerek keringését csökkenti, hozzájárulva a koszorúér-elmeszesedéshez, szűkíti a koszorúereket, növeli a [szívinfarktus](http://hu.wikipedia.org/wiki/Sz%C3%ADvinfarktus) kockázatát.[[3]](http://hu.wikipedia.org/wiki/Sz%C3%A9nmonoxid#cite_note-auto2-2)

Szén-monoxid-mérgezés esetén szabad levegőn [mesterséges lélegeztetést](http://hu.wikipedia.org/w/index.php?title=Mesters%C3%A9ges_l%C3%A9legeztet%C3%A9s&action=edit&redlink=1) kell alkalmazni.

**Szén-dioxid (CO2)**

[](http://hu.wikipedia.org/w/index.php?title=F%C3%A1jl:Carbon-dioxide-2D-dimensions.png&filetimestamp=20061212000415)

A **szén-dioxid** ([C](http://hu.wikipedia.org/wiki/Sz%C3%A9n)[O](http://hu.wikipedia.org/wiki/Oxig%C3%A9n)2, régi magyar nevén **szénéleg**) légköri nyomáson légnemű, [gáz](http://hu.wikipedia.org/wiki/G%C3%A1z) halmazállapotú [vegyület](http://hu.wikipedia.org/wiki/Vegy%C3%BClet). A tiszta levegő mintegy 0,039% ([térfogatszázalék](http://hu.wikipedia.org/wiki/Koncentr%C3%A1ci%C3%B3)) *szén-dioxidot* (390 [ppm](http://hu.wikipedia.org/wiki/Koncentr%C3%A1ci%C3%B3)) tartalmaz.[[2]](http://hu.wikipedia.org/wiki/Sz%C3%A9n-dioxid#cite_note-1) Ez a mennyiség az elmúlt évtizedekben jelentősen növekedett (100 éve még kb. 280 [ppm](http://hu.wikipedia.org/wiki/Koncentr%C3%A1ci%C3%B3) volt), ami bizonyítottan hozzájárul a [globális felmelegedéshez](http://hu.wikipedia.org/wiki/Glob%C3%A1lis_felmeleged%C3%A9s), azaz a szén-dioxid **üvegházhatású gáz**.

A [légkörbe](http://hu.wikipedia.org/wiki/L%C3%A9gk%C3%B6r) számos forrásból kerülhet; [szén](http://hu.wikipedia.org/wiki/Sz%C3%A9n) és széntartalmú anyagok égése, [állatok](http://hu.wikipedia.org/wiki/%C3%81llatok), [növények](http://hu.wikipedia.org/wiki/N%C3%B6v%C3%A9nyek) és mikroorganizmusok [légzése](http://hu.wikipedia.org/wiki/L%C3%A9gz%C3%A9s) során keletkezik. Jelentős mennyiségű szén-dioxid kerül a levegőbe a [vulkanizmus](http://hu.wikipedia.org/wiki/Vulkanizmus) során és a [tengerek](http://hu.wikipedia.org/wiki/Tenger) kötött szén-dioxidjából is.

A *szén-dioxid* ‒78 °C-on fagy meg, a [szilárd](http://hu.wikipedia.org/wiki/Szil%C3%A1rd_%28halmaz%C3%A1llapot%29) halmazállapotának neve **szárazjég**. A szárazjeget a hűtőipar is felhasználja, de látványosságként is alkalmazzák, ahogy felmelegedve a [folyékony](http://hu.wikipedia.org/wiki/Foly%C3%A9kony) [halmazállapot](http://hu.wikipedia.org/wiki/Halmaz%C3%A1llapot) kihagyásával [gőzzé](http://hu.wikipedia.org/wiki/G%C5%91z) válik, azaz *szublimál*.

**Kémiai és fizikai tulajdonságok:**

Színtelen, kis [koncentrációban](http://hu.wikipedia.org/wiki/Koncentr%C3%A1ci%C3%B3) szagtalan, a levegőnél nagyobb sűrűségű. Ha a belélegzett levegő a normál koncentráció többszörösét (néhány %-ot) tartalmazza szén-dioxidból, akkor azt enyhén savanykásnak érezzük, ez a koncentráció azonban már veszélyes, mert fulladást okozhat!

A tiszta szén-dioxid nem éghető, az [égést](http://hu.wikipedia.org/wiki/%C3%89g%C3%A9s) nem táplálja, ezt a tulajdonságát használják ki a tűzoltó-készülékeknél, és a gyertyalángos próbánál a pincék ellenőrzésénél, ha a gyertya kialszik, akkor a szén-dioxid veszélyes mennyiségben van jelen a helyiségben. Reakciókban kevésbé vesz részt. [Vízben](http://hu.wikipedia.org/wiki/V%C3%ADz) kismértékben oldódik (0,145 g/100 ml), a vízzel gyenge **szénsavat** képez.  
A légnemű halmazállapotú [vegyület](http://hu.wikipedia.org/wiki/Vegy%C3%BClet) normál légköri nyomás (1 [bar](http://hu.wikipedia.org/wiki/Bar_%28m%C3%A9rt%C3%A9kegys%C3%A9g%29)) alatt ‒78,5 °C-on fagy meg, a folyékony [halmazállapot](http://hu.wikipedia.org/wiki/Halmaz%C3%A1llapot) kihagyásával. 5,1 bárnál nagyobb [nyomáson](http://hu.wikipedia.org/wiki/Nyom%C3%A1s) előállítható viszont folyékony szén-dioxid is. A gázpalackokban is ilyen állapotban tárolják. A szén-dioxidot szilárd halmazállapotát szárazjégnek nevezzük. A sűrűsége standard hőmérsékleten és nyomáson körülbelül 1,98 kg/m³, másfélszer akkora mint a Föld légköréé. A szén-dioxid molekula (O=C=O) két kettős [kovalens kötést](http://hu.wikipedia.org/wiki/Kovalens_k%C3%B6t%C3%A9s) tartalmaz és egyenes az alakja. Nincs elektromos dipólusmomentuma (apoláris). Nem reaktív és nem gyúlékony.

**Felhasználása, gyártása:**

Jelen van az üdítőkben, szénsavas italok alkotórészeként, tűzoltó palackokban, hegesztésnél inert gázként.  
*Cseppfolyós szén-dioxid*dal vonják ki a [koffeint](http://hu.wikipedia.org/wiki/Koffein) a [kávéból](http://hu.wikipedia.org/wiki/K%C3%A1v%C3%A9) is.  
Szilárd formában ([szárazjég](http://hu.wikipedia.org/wiki/Sz%C3%A1razj%C3%A9g)) mint hűtőanyag, ott, ahol gyors mélyhűtésre van szükség, vagy nem áll rendelkezésre hűtőgép.  
A *szén-dioxidot* nagyobb mennyiségben bányásszák (Magyarországon [1982](http://hu.wikipedia.org/wiki/1982)-ig a Kisalföldön, [Mihályi](http://hu.wikipedia.org/wiki/Mih%C3%A1lyi) mellett), illetve [kőolaj](http://hu.wikipedia.org/wiki/K%C5%91olaj)- és [földgázkutakból](http://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%B6ldg%C3%A1z) tör fel, mint melléktermék. Az így kapott [gázt](http://hu.wikipedia.org/wiki/G%C3%A1z) tisztítják, majd nagy nyomáson cseppfolyósítják, és ebben a formában tárolják, szállítják. A cseppfolyós szén-dioxid hirtelen nyomáscsökkenésekor a [szublimációval](http://hu.wikipedia.org/wiki/Szublim%C3%A1ci%C3%B3) történő gyors párolgás ([párolgáshő](http://hu.wikipedia.org/wiki/P%C3%A1rolg%C3%A1sh%C5%91)) annyira lehűti az anyagot, hogy az megfagy, és *szárazjég* keletkezik.  
Az [élelmiszeriparban](http://hu.wikipedia.org/wiki/%C3%89lelmiszeripar) szívesen használják a tankerjesztésű pezsgők erjedése során keletkező *szén-dioxid*ot, ugyanis a [pezsgő](http://hu.wikipedia.org/wiki/Pezsg%C5%91) természetes habzásához kevesebb is elég, mint amennyi abban keletkezik. A felesleget üdítőkhöz, [sörgyártásnál](http://hu.wikipedia.org/wiki/S%C3%B6r) használják fel.  
A [VIII. Magyar Gyógyszerkönyvben](http://hu.wikipedia.org/w/index.php?title=VIII._Magyar_Gy%C3%B3gyszerk%C3%B6nyv&action=edit&redlink=1) **Carbonei dioxidum** néven hivatalos.  
A [biogáz](http://hu.wikipedia.org/wiki/Biog%C3%A1z) egyik jelentős alkotórésze.

## A szén körforgása:

A növények képesek a szén-dioxidot megkötni és a benne található szenet a saját szerves anyagaikba beépíteni. A fa égésekor a nagy füstöt nem a szén-dioxid okozza, hanem a sok elpárolgó víz, és a nitrogén-oxidok. A földtörténeti ókorban alakultak ki a szénbányászatban jelentős, nagy kalóriatartalmú feketekőszén telepek az akkor élt páfrányfélék, tengeri állatok maradékából, a földtörténeti újkorban pedig a barnakőszén telepek (kisebb kalóriatartalom, a több szennyeződés miatt).

Több kevesebb szén található a kőolaj- és földgázszármazékokban, a legjobb (legkörnyezetbarátabb) arány a metánban (CH4) van: C:H=1:4. Ennél sokkal rosszabb az arány a hosszabb szénláncokban: a cetán (C16H34) esetében már csak C:H=1:2,125. Ezzel tehát jelentősen csökkenthető a CO2 kibocsátás, de már az is jelentős, ha PB gáz ([propán](http://hu.wikipedia.org/wiki/Prop%C3%A1n) (C3H8), [bután](http://hu.wikipedia.org/wiki/But%C3%A1n) (C4H10)) helyett metánt (vezetékes gáz) használunk.