

## A jövő szénvegyületei

A szénvegyületek a legsokoldalúbb anyagcsaládot alkotják, hogy egyebet ne említsünk: maga az élő anyag is szénvegyületeken alapul. Ennek ellenére a XX. század második felében a tisztán szénből felépülő, jól ismert szerkezetek (grafit és gyémánt) nem álltak a tudomány figyelmének középpontjában, mígnem 1985-ben Harold W. Kroto, Richard E. Smalley és Robert F. Curl felfedezték a fullerént, a 60 szénatomból álló ( $C_{60}$ ), 1 nanométer átmérőjű "focilabdát". Munkájukért szokatlanul gyorsan, már 1996-ban kémiai Nobel-díjat kaptak.

A fullerénekben minden szénatom három másik szénatomhoz kapcsolódik. Különösen stabilisak azok a szerkezetek, melyekben minden ötszöget hatszögek vesznek körül. Például a  $C_{60}$  molekula olyan alakú, mint egy futball-labda. Belsejében sok más molekula is elférhet, és ez a lehetőség keltette fel a kutatók figyelmét. A fullerének fontos jellemzője, hogy a molekula zárt szerkezetű, belsejében üreges kalitka helyezkedik el. Ez az üreges kalitka olyan nagy, hogy bármely elem atomját (atomjait) képes magába zárni. Ezek alkalmazhatóak lennének például a gyógyászatban (célzott gyógyszer bevétel) is.

A forrásba jött kutatási terület a fullerén felfedezése után sem csendesedett el. 1991-ben Sumio Iijima japán kutató felfedezte a szén-nanocsöveket. Ezek lényegében egyik irányban nagyon hosszúra nyúlt fullerénmolekulák, tökéletes "hengerré" tekert, egyetlen atom vastagságú grafitrétegek, amelyek végeit egy-egy fél fulleréngömb zárja le. Átmérőjük a hajszál vastagságának ezredrésze (azaz néhány nanométer), hosszuk ennek több tíz- vagy százszorosa is lehet.

Világszerte több ezer kutató kezdett el a szén-nanoszerkezetekkel foglalkozni, mert különleges mechanikai és elektromos tulajdonságaiknak köszönhetően potenciális alkalmazási területük a golyóálló mellényektől a különleges sportfelszerelésen át a szén-nanocső alapú számítógépekig terjed. A tömeges alkalmazásnak azonban több akadálya is van. Az egyik gond az, hogy mindmáig nem sikerült megoldani az előre meghatározott típusú szén-nanocsövek növesztését. Nagyon sokféle, eltérő tulajdonságú szén-nanocső létezik.

A feltekerés módjától függően előállhatnak például fémes vagy félvezető viselkedésűek, sőt ezen típusokon belül is más és más elektronszerkezettel kell számolnunk a különböző átmérőjű darabok esetében. Ahhoz azonban, hogy valamilyen technikai eszközt gyártsunk, nagyon jól definiált technikai tulajdonságokkal kell rendelkeznie annak az anyagnak, amit fel kívánunk hozzá használni. Megoldást jelenthetne, ha a tömegesen előállított, sokféle nanocső közül az azonos típusúakat hatékonyan ki tudnánk válogatni. Ahhoz azonban, hogy ezeket a kiválogatott azonos típusú nanométer átmérőjű elemeket fel tudjuk használni, valamilyen módon egyesével meg kellene azokat "fogni", kiemelni az edényből, és nanométeres pontossággal odahelyezni a kívánt helyre. Ez ma még rendkívül bonyolult feladat. Laboratóriumi körülmények között megoldható, de tömeges ipari felhasználásra nincs megfelelő módszer.

A következő nanotechnológiai 'alapanyag', amelyhez reményeket fűznek, a grafén. A grafént 2004-ben fedezte fel Andre Geim és Kostya Novoselov a Manchesteri Egyetemen. A grafén a grafithez, fullerénhez, nanocsőhöz hasonlóan a szén egyik változata, egyetlen atom vastagságú réteg, tulajdonképpen egy kitekert szén-nanocső. Nagyon jó elektromos vezető, ezért sokféle elektronikai alkalmazásának a lehetősége merült fel. A hatszögű kristályrácsba (a grafithez hasonlóan) rendezett szénatomok alkotta grafén a legvékonyabb elektromosságot

vezető anyag. A szénatomok közti kötésekben részt nem vevő elektronokon az összes atom osztozik, ezeknek köszönhető a kiváló elektromos vezetőképesség. A grafén tulajdonságait tekintve sokban hasonlít a szén-nanocsövekre, ám van egy nagy előnye: használatával megszabadulnánk a kiválogatás problémájától. Egy nanoelektronikai eszköz megépítése során nem kellene egyesével bíbelődni a nanocsövecskékkel, hanem a grafénlapból – akárcsak egy vég selyemből – megfelelő eszközzel könnyen kiszabható lenne a felhasználni kívánt mintázat. (<http://www.origo.hu/tudomany/nanotechnologia>, 2011. március 11-i cikke alapján)

a) Mit nevezünk allotrópiának?

b) A szövegben a szén több allotróp módosulatáról is szó van. Soroljon fel három példát!

c) A szövegben három felfedezésről is szó van. Mely felfedezések voltak ezek, mikor és ki(k)nek a nevéhez fűződnek?

d) 1 nanométer (nm) =  $10^{-9}$  méter. Ha feltételezzük, hogy egy nanocső átmérője 2 nm, akkor egy 1 mm-es vastagságú rétegben hány nanocső található?

e) Hasonlítsa össze ismeretei, illetve a szövegben található információk alapján a gyémántot, a grafitot, a fullerént (C<sub>60</sub>) és grafént az alábbi szempontok alapján:

	<b>Gyémánt</b>	<b>Grafit</b>	<b>Fullerén (C<sub>60</sub>)</b>	<b>Grafén</b>
<b>Kristályszerkezet típusa</b>	1.	2.	Molekularács	
<b>Egy atomhoz kovalens kötéssel kapcsolódó szénatomok száma</b>	3.	4.	5.	6.
<b>Vezetőképesség (vezető, szigetelő)</b>	7.	8.		9.
<b>Felhasználás vagy felhasználási lehetőség (egy-egy példa)</b>	10.	11.	12.	13.

(2012. október)

**Megoldás:** (15 pont)

- a) Egy elemnek többféle molekulaszervezetű (molekulatömegű) vagy különböző rács típusban való előfordulása. *1 pont*
- b) Gyémánt, grafit, fullerén(ek) ( $C_{60}$ ), grafén(ek) (három példa felsorolása) *1 pont*
- c) Harold W. Kroto, Richard E. Smalley és Robert F. Curl, 1985-ben:  $C_{60}$  molekula (fullerén) *1 pont*  
Sumio Iijima, 1991-ben: szén nanocső *1 pont*  
Andre Geim és Kostya Novoselov, 2004-ben: grafén *1 pont*
- d)  $1 \text{ mm} = 10^6 \text{ nm}$ ,  $10^6/2 = 5 \cdot 10^5$  db nanocső *1 pont*
- e) 1. Atomrács *1 pont*  
2. Atomrács  
3. 4  
4. 3  
5. 3  
6. 3  
7. Szigetelő  
8. Vezető  
9. Vezető (2–9 közül bármely két helyes válasz: 1 pont) *4 pont*  
10. Ékszer, fűrófej (egy helyes példa) *1 pont*  
11. Ceruza, elektród (egy helyes példa) *1 pont*  
12. Gyógyszer, gyógyászat (egy helyes példa) *1 pont*  
13. Elektronika (egy helyes példa) *1 pont*