

Energija i oblik

Otkud potječe oblik? Svijet razaznajemo po oblicima koji ga nastanjuju, ali samo porijeklo tih oblika često je “misteriozno”. Otkud matematička pravilnost u oblicima neživog ali i živog svijeta?

Sjeme javora oblikovano je tako da i pri malom vjetru može odletjeti daleko od krošnje u kojoj je nastalo. Njegov oblik mora pored energetskih ograničenja optimizirati i aerodinamički problem.

Evolucija je i evolucija oblika

Fizičari razumijevaju oblik kroz prirodne zakonitosti. Oblici su tako u ravnotežnom stanju konfiguracija, uređenje sustava koje je u određenom smislu **minimalno**. Najčešće su uvjeti koje treba minimizirati energetske naravi. Tako je mjehur od sapunice sferičan zato jer je od svih oblika membrane sapunice koje zatvaraju upuhnuti volumen zraka sfera onaj koji ima najmanju površinu pa prema tome i najmanju **energiju** površinske napetosti.

Oblik je dakle minimalni entitet koji optimizira (minimizira) određena energetska ograničenja, koja mogu dolaziti iz samog sustava, ali i iz njegovog međudjelovanja s okolinom u kojoj se nalazi. Mjehurići sapunice neće biti sferični kad su okruženi drugim mjehurićima kao što je to slučaj u pjeni.

Mjehurići sapunice u pjeni nisu sferični nego se razvija karakteristična poliedarska mreža dodira različitih mjehurića. Uz ovaj fenomen vezan je i neriješeni fizikalno-matematički problem a to je kako “popločati” prostor jednakim strukturama zadanog volumena tako da je njihova površina minimalna. Ovim problemom se intenzivno bavio Lord Kelvin.

Oblici jednostavnih organizama

kao što su puževi i školjke često se mogu opisati jednostavnim matematičkim formulama.

Misterij oblika postaje još interesantniji kad se promotre sustavi čije su karakteristične dimenzije **nanometarske**.

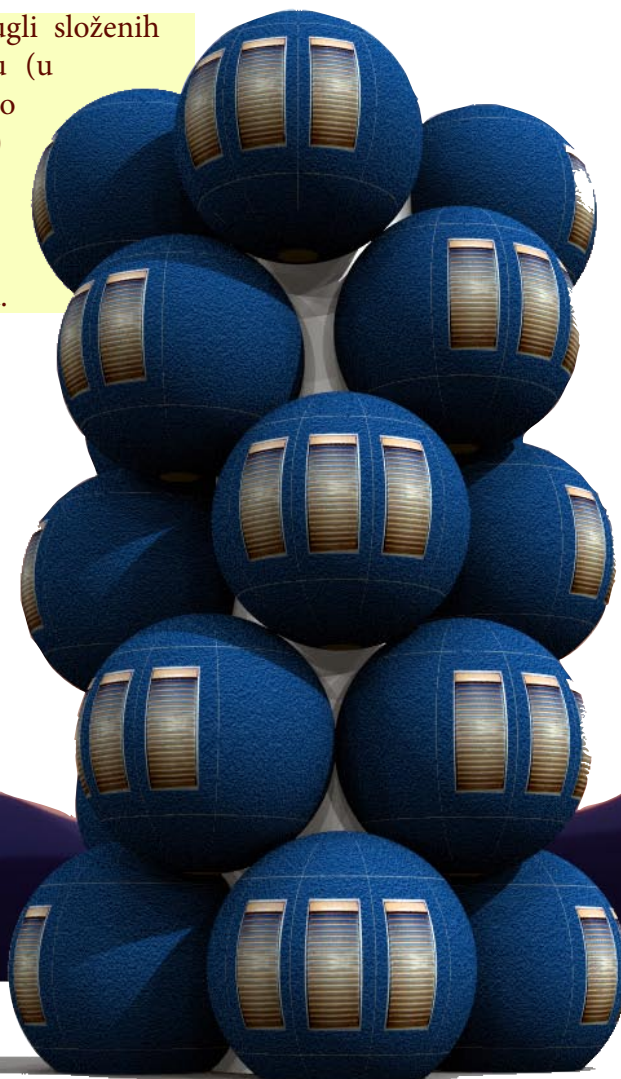
Nanometar (nm) je milijarditi dio metra. Tipični radijusi atoma mjere se u desetim dijelovima nanometra. Na ovoj skali do izražaja dakle dolazi atomska struktura tvari.



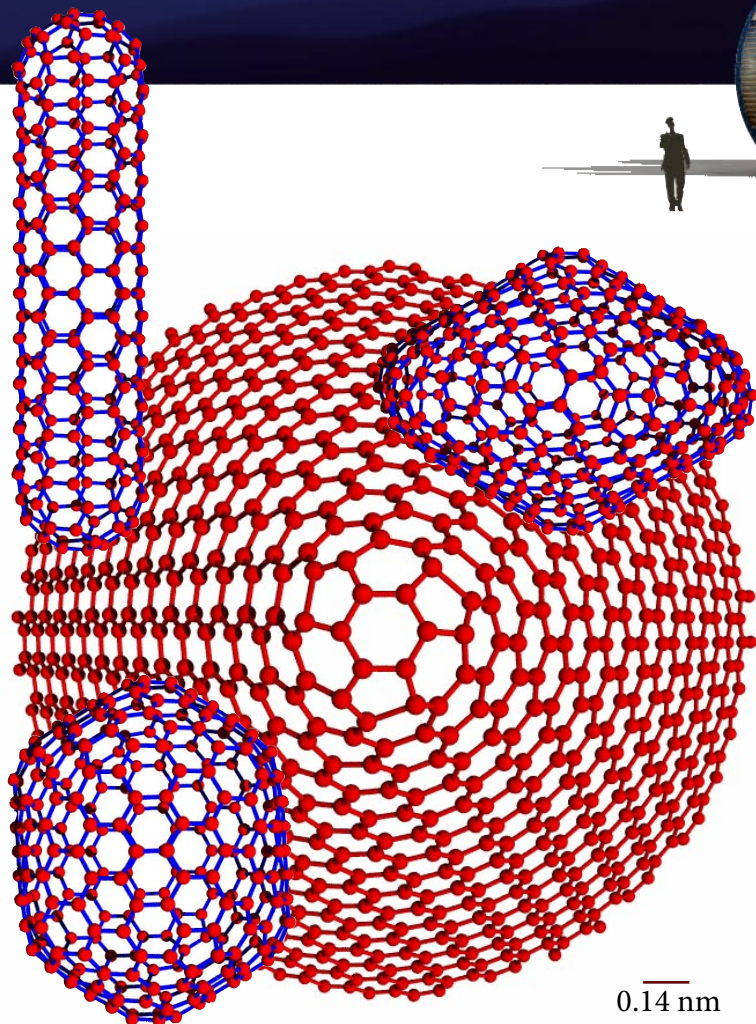


Struktura biljarskih kugli složenih u cilindričnu posudu (u kakvoj se npr. često mogu kupiti žestoka pića) i nije tako različita od struktura koje čine fullerenske molekule u ugljikovim nanocijevima.

Slika prikazuje strukturu atoma plemenitog plina koji gusto pokrivaju površinu ugljikove nanocijevi. Struktura je dobivena minimizacijom energije atomskog omotača.



www



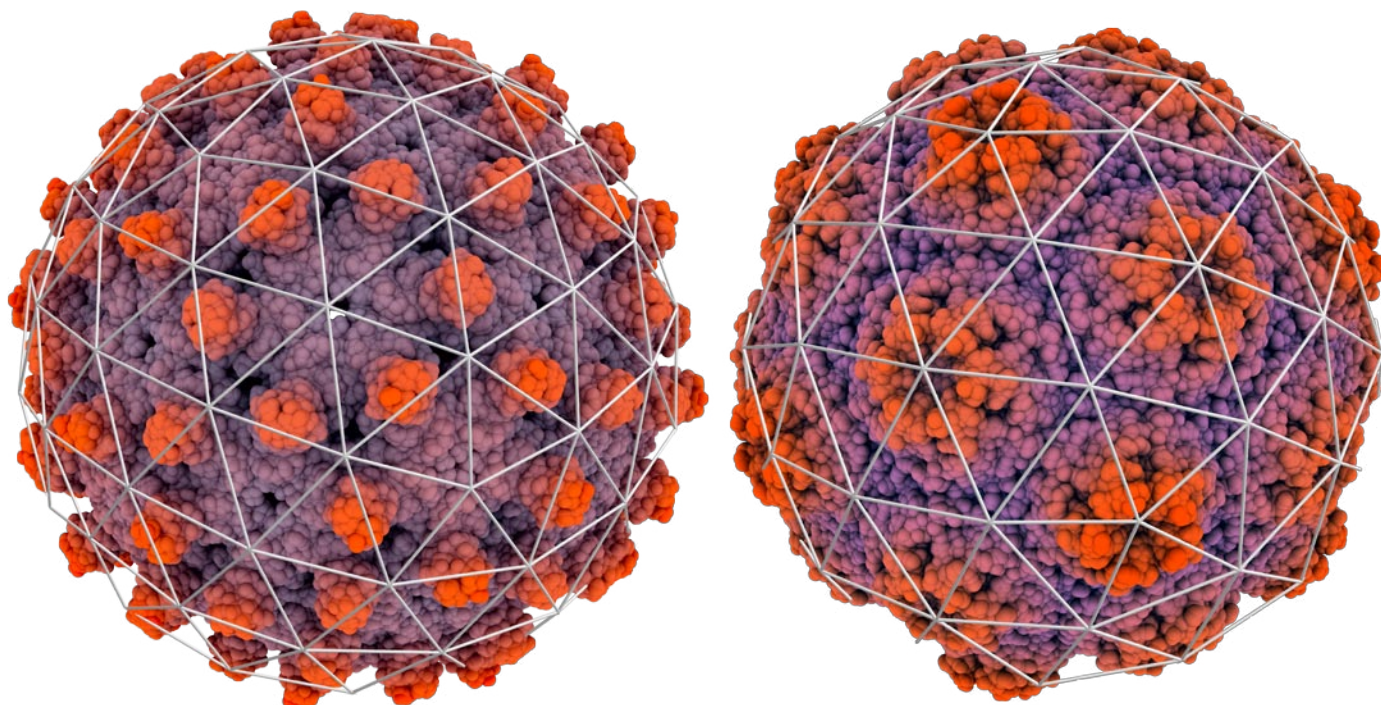
0.14 nm

Osim grafita i dijamanta, ugljikovi atomi mogu sačinjavati i niz drugih struktura. U posljednjih dvadesetak godina najpoznatije od njih su **fullereni** i **ugljikove nanocijevi**. Međutim, pored ova dva karakteristična oblika, ugljikovi atomi mogu stvarati i niz struktura koje su “negdje između” kako ova slika i sugerira, uključujući i eksperimentalno opažene **stožaste molekule**. Kako to da isti gradbeni elementi sačinjavaju tako različite oblike? Mogu li se uvjeti pripreave tvari naštimati tako da se pretežito dobivaju neki željeni, prije “dizajnirani” oblici? Kako to ovisi o energijama različitih oblika?

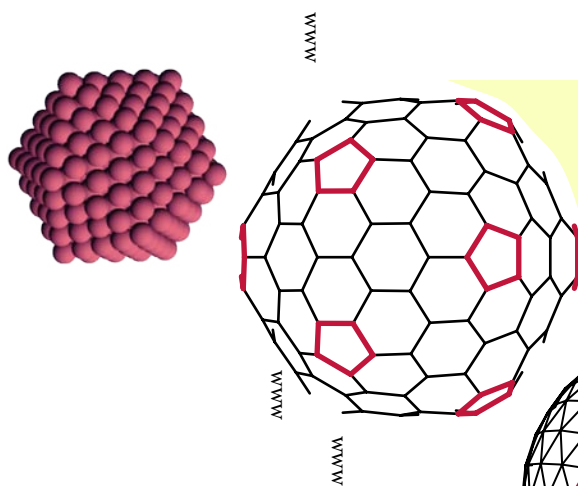
Dodatne informacije:

www

Takozvani bottom-up pristup nanotehnologiji predviđa da bi se materijali i strukture željenih svojstava mogli izgraditi od pripremljenih elementarnih sastavnica oblika - molekula koje se udružuju na način da izgrade upravo željenu strukturu. Problem, naravno, postaje sama elementarna sastavnica. Kakva svojstva mora imati? Strukture koje nalazimo u “živoj” tvari koriste opisani bottom-up pristup. Tako se virusi termodinamički **spontano sastavljaju** od proteina i DNA ili RNA molekule.



Virusi hepatitisa B (lijevo) i mozaičnog žutila repe (desno). Naznačena mreža predstavlja pojedine virusne proteine (trokutići) koji se međusobno udružuju tako da sačine cijelu strukturu omotača virusa. Kako moraju biti “naštimate” interakcije među proteinima tako da sačine omotač?



Interessantno je da geodetske kupole koje je projektirao i popularizirao američki arhitekt Buckminster Fuller, fullereni i virusi imaju ikozaedarsku simetriju. Nakupine (ili klasteri) atoma također vrlo često imaju ikozaedarsku, nekristalnu simetriju. Kako to da isti uzorak nalazimo na tako različitim prostornim skalama?

Poziv studentima: Istraživanja na skiciranom području odvijaju se na projektu “Energetskom kompeticijom uvjetovane strukture i oblici nanometarskih sustava” financiranom od Ministarstva znanosti RH. Sudjelovanjem u istraživanju na ovom projektu imat ćete priliku da (i) naučite razdvajati važne od nevažnih stvari i upotrijebite sve ono što ste naučili tijekom studija (ii) radite na zanimljivoj i važnoj problematici, (iii) dobijete uvid u znanost vođenu prvenstveno znatiželjom i zadnje, ali i najvažnije (iv) dobro se zabavite radeći ono što volite.

