

autor: Antonio Šiber
Drvo znanja 98 (listopad 2006. godine)

Slika maknuta zbog copyrighta

Slušajući vijesti u zadnje vrijeme nemoguće je ne čuti riječ virus, npr. virus ptičje gripe (H5N1), HIV, virus gripe, virus hepatitisa, virus ebole i slično.

Ovisno o kakvom se virusu radi, načini prijenosa su različiti. Tako je npr. za prijenos virusa gripe često dovoljno da netko u tramvaju kihne, pa da se dva-tri druga putnika zaraze udišući zrak prepun sićušnih čestica sline u kojima se virus nalazi. Neki drugi virusi se mnogo teže prenose. Tako se npr. virus sife prenosi spolnim kontaktom ili ulaskom krvi ili sline zaražene osobe u krvotok nezaražene osobe – zato se virus, prije nego što je dovoljno o njemu bilo poznato, često prenosio transfuzijama zaražene krvi, a i danas se prenosi višestrukom uporabom nesteriliziranih igala (npr. među ovisnicima koji droge uzimaju intravenozno pri čemu nekoliko ovisnika koristi istu iglu). No kako izgledaju virusi, koliki su i od čega su uopće građeni? Odgovor na ovo pitanje poznat je znanstvenicima tek odnedavno, i to samo za manji broj virusa koji su do danas istraženi. To i nije čudno jer su virusi izrazito maleni. Npr. virus herpes simplexa, inače jedan od najvećih virusa, ima promjer od svega 120 milijuntih dijelova milimetra ili 120 nanometara (nanometar se označava oznakom nm). To znači da treba posložiti oko osam tisuća virusa herpesa jedan do drugog pa da ukupna dužina takve linije virusa bude svega jedan milimetar. Drugi virusi su još manji. Tako humani papiloma virus (ili HPV) koji može uzrokovati rak vrata maternice ima promjer duplo manji od virusa herpesa, tj. on iznosi 60 nanometara. Promjer virusa hepatitisa B iznosi svega 33 nanometra. Zbog vrlo male veličine virusa, za određivanje njihove detaljne strukture potrebni su moćni mikroskopi i algoritmi za rekonstrukciju slike koji iz niza dvodimenzionalnih slika mogu rekonstruirati trodimenzionalni oblik virusa.

Virusi ne napadaju samo ljude. Postoje virusi koji napadaju samo određene biljne i životinjske vrste. npr. mozaični virus duhana, virus žute repe, mozaični virus cvjetanja i slično. Postoje čak i virusi koji napadaju isključivo bakterije – druge mikroskopske uzročnike bo-

Građa virusa

Virusi su uzročnici raznih zaraznih bolesti, i mogu se prenositi s jedne zaražene osobe na drugu.

Slika maknuta zbog copyrighta

lesti kod ljudi. Ovi virusi se zovu bakteriofagi. Bakterije su stotinama puta veće od virusa. Njihovu veličinu mjerimo u mikrometrima (oznaka *mm*) – tisućitim dijelovima milimetra. I naše stanice su otprilike ove veličine.

Građa i razmnožavanje virusa

Virusi se sastoje od dva osnovna elementa: genetskog materijala (DNA ili RNA molekule) i virusnog omotača od proteina. Proteini su dugi lanci sačinjeni slaganjem dvadesetak različitih molekula aminokiselina koje se pak sastoje od nevelikog broja atoma ugljika, vodika, kisika, dušika i sumpora. Ipak, pojedini protein može sadržavati velik ukupni broj atoma jer se može sastojati od vrlo dugog niza aminokiselina. Genetska informacija virusu je vrlo važna, pa je stoga i pohranjena unutar proteinskog omotača koji je štiti od utjecaja iz okoline i moguće razgradnje u nepovoljnim uvjetima. Kao što ljudski organizam sadrži sve informacije o sebi u molekuli DNA, tako i virus čuva informacije o sebi u svojoj DNA ili RNA molekuli – ove molekule su vrsta molekularne memorije i njihova struktura je vrsta zapisa, koda. Informacije

koje DNA/RNA molekule sadrže imaju ključnu važnost za nastanak novih virusa. Osnovni “zadatak” virusa je dostaviti svoju genetsku informaciju u zdravu stanicu. Stanica ne shvaća da informacija (molekula DNA ili RNA) koju je dobila nije njena, tj. nije došla iz same nje, te mehanizmi unutar stanice čitaju zapis virusne DNA ili RNA molekule u kojemu se nalaze informacije o sačinjavanju novih virusa. Tako stanični mehanizmi proizvode sastavne elemente za nove viruse, uključujući i proteine virusnog omotača koji se u stanici sastavljaju u viruse-klonove. Kad broj nastalih virusa u stanici postane prevelik, oni izlaze kroz staničnu stijenku (često pritom uništavajući stanicu), dolaze u kontakt s drugom nezaraženom stanicom i proces razmnožavanja virusa se nastavlja.

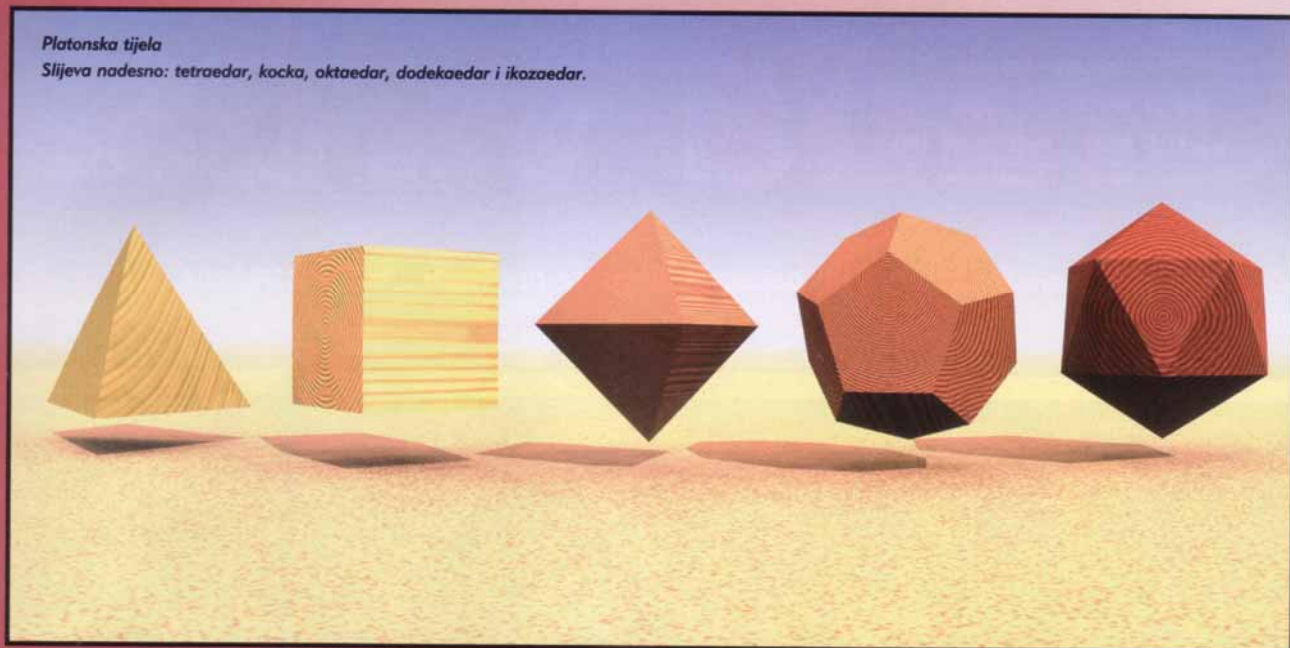
Virusi su paraziti i ne mogu se razmnožavati bez žive stanice – domaćina virusa.

Virusi su paraziti i ne mogu se razmnožavati bez žive stanice – domaćina virusa. Oni iskorištavaju već postojeće mehanizme života i preusmjeravaju ih u svoju korist. Premda virusi imaju osnovne molekularne sastavnice koje nalazimo i u živim bićima – proteine i DNA/RNA molekule, teško bi se za njih moglo reći da su živi jer ne mogu funkcionirati autonomno niti imaju ijedan od kompleksnih molekularnih mehanizama

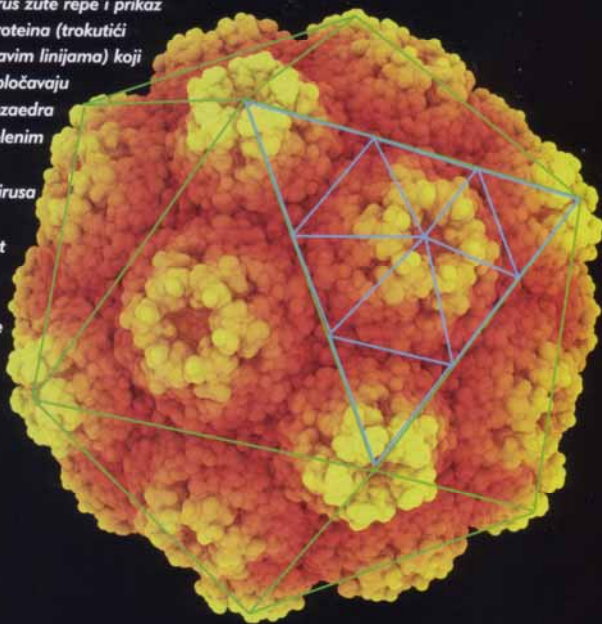
• Građa virusa •

Platonska tijela

Slijeva nadesno: tetraedar, kocka, oktaedar, dodekaedar i ikozaedar.



Mozaični virus žute repe i prikaz pojedinih proteina (trokutići označeni plavim linijama) koji pravilno popločavaju površinu ikozaedra (označen zelenim linijama).
Dijametar virusa je 28 nm.
Unutrašnjost virusa (genetski materijal) se ne vidi.



Ringspot virus duhana, dijametar 27 nm



koji su karakteristični za život. Oni bez žive stanice ne mogu proizvoditi, preusmjeravati niti skladištiti energiju, jednako kao i potpuno nežive tvari, npr. kristalić kuhinjske soli. Ipak, virusi, kao i organizmi, mogu mutirati, mijenjati svoju DNA/RNA molekulu iz generacije u generaciju. Ovo je sasvim jasno budući da za svoje umnožavanje koriste već postoje mehanizme života koji mogu načiniti pogreške i tako izmijeniti virus. Neke mutacije virus učine potpuno nefunkcionalnim, no mogu ga učiniti i opasnijim po ljudsko zdravlje. Poznato je da se virusi gripe iz godine u godinu mijenjaju, ta-

ko da se onaj koji će harati ove godine razlikuje od onoga iz prošle godine, a vrlo se razlikuje od virusa gripe od prije 70 ili 80 godina. Ustvari bi tako stari virusi bili pogubni za današnju populaciju ljudi jer su vrlo različiti od virusa kojima smo bili izloženi u svom životnom vijeku, pa za njih nemamo nikakve obrane – antitijela. Jedan od najvećih problema u borbi protiv HIV-a je njegova izuzetno brza mutacija. Ovaj virus toliko brzo mutira da se čak i unutar istog organizma u nekoliko generacija toliko izmijeni da u suštini postane potpuno drukčiji virus. Zato je protiv tako brzo promjenljivih virusa teško pronaći lijek. S ciljem praćenja virusa i

Jedan od najvećih problema u borbi protiv HIV-a je njegova izuzetno brza mutacija.

njihovih mutacija, znanstvenici u laboratorijima čuvaju zbirke virusa. Neki od tih virusa bi sigurno bili smrtonosni kad bi se proširili izvan frižidera u kojima se čuvaju. Upravo iz ovih razloga, virusi bi se mogli koristiti i kao biološko oružje. Iznenadujuće je da je nešto toliko sićušno kao virus tako opasno za ljudski organizam.

Izgled virusa

S obzirom na "zlu" narav virusa, prilično je iznenađujuće koliko je njihova struktura lijepa, a lijepa je zbog stroge matematičke pravilnosti koju velika većina virusa ima. Većina virusa slična je ikozaedru, premda postoje i virusi drugih oblika. Tako npr. mozaični virus duhana

ima oblik cilindra. Ikozaedar je jedno od platonskih tijela. Platonska tijela su tijela kojima su sve strane jednaki pravilni mnogokuti (istostranični trokuti, kvadrati i pravilni peterokuti).

Još su stari Grci znali da postoji točno pet platonskih tijela. Tetraedar se sastoji od 4 istostranična trokuta, kocka od 6 kvadrata, oktaedar od 8 istostraničnih trokuta, dodekaedar od 12 pravilnih peterokuta, a ikozaedar od 20 istostraničnih trokuta. Proteini od kojih se omotač virusa sastoji pravilno popločavaju površinu ikozaedra. Oni se poput sićušnih trokutića pravilno slažu jedan do drugog po stranama ikozaedra stvarajući tako zatvorenu ljusku unutar koje se smješta genetska informacija virusa i na taj način štiti od nepovoljnih uvjeta iz okoline. Virusi su našli način da koristeći iste osnovne elemente (pojedine proteine) sačine zatvorenu lopastu strukturu. Naravno, ovo je moguće zbog pogodnog oblika proteina od kojih se omotač sastoji i njihovih međudjelovanja koja im omogućuju da se u stanicama precizno sastave.

Način na koji virus koristi iste elemente da načini veću strukturu čini se i arhitekuralno važnim. Moguće je zamisliti izgradnju velikih kupola sličnih virusu od velikog broja istih osnovnih elemenata što bi bio prilično jeftin način izgradnje objekata. Ustvari, strukture slične virusima pojavile su se i prije nego što je detaljna građa virusa bila poznata. Radi se o geodetskim kupolama koje je gradio i popularizirao poznati arhitekt i inovator Buckminster Fuller. Fuller je smatrao da postojeća arhitektura u šezdesetim godinama prošlog stoljeća ne odgovara potrebama čovjeka, pa je

Još su stari Grci znali da postoji točno pet platonskih tijela.

zagovarao stanovanje u sfernim kupolama koje bi navodno bile ekološki prihvatljivije, trošile manje energije za zagrijavanje i hlađenje i slično. Premda Fullerove ideje nikad nisu naišle na šire odobravanje niti ušle u široku primjenu, nekoliko geodetskih kupola je izgrađeno. Najpoznatija je ona izložena na Svjetskoj izložbi u Montrealu 1967. godine. Cijeli je paviljon Sjedinjenih Američkih Država bio smješten u ogromnoj kupoli od 20 katova i bio je najposjećeniji paviljon te godine, s preko 5 milijuna posjeta. Danas se geodetske kupole mogu naći gdje god je potrebno brzo sklopiti velike strukture koje unutrašnjost štite od atmosferskih neprilika, npr. u velikim skladištima, hangarima i slično. Interesantno je i da je znanstvena postaja na Južnom polu smještena unutar velike geodetske kupole. Možda će strukture slične geodetskim kupolama, tj. virusima, biti važne i u kolonizaciji drugih planeta gdje će služiti za izolaciju unutarnjeg prostora s pogodnom atmosferom i tlakom od nepovoljnih vanjskih uvjeta.

Fulereni i klasteri

Virusi su stotinama milijuna puta manji od geodetskih kupola. Ipak, postoje još manje strukture koje su po obliku i simetriji vrlo slične virusima. Radi se o loptastim molekulama od ugljika nazvanim fulerenima. Fulerene su otkrili Robert Curl Jr., Harold Croto i Richard Smalley, i za to otkriće dodijeljena im je Nobelova nagrada za kemiju 1996. godine. Ove molekule su dobile ime po Buckminsteru Fulleru, a najpoznatija je ona građena od 60 ugljikovih atoma, poznata i kao buckminsterfulleren (C_{60}). Dijametar ove molekule manji je od jednog nanometra. Ova molekula izgleda poput nogometne lopte s karakterističnim peterokutima (12 njih) i šesterokutima (njih 20). Osim molekule C_{60} , moguće je konstruirati i veće lopastaste molekule ugljika čija je simetrija temeljena na ikozaedru. U znanstvenoj literaturi zovu ih gigantskim ikozaedarskim fulerenima. Ikozaedarsku simetriju koja je zajednička i virusima i fulerenima moguće je prepoznati na prvi pogled. Fulereni sadrže točno 12 peterokutnih prstena atoma ugljika oko vrhova ikozaedra. Svi ostali prsteni ugljika su šesterokutni.

Virus hepatitisa B,
dijametar 33 nm

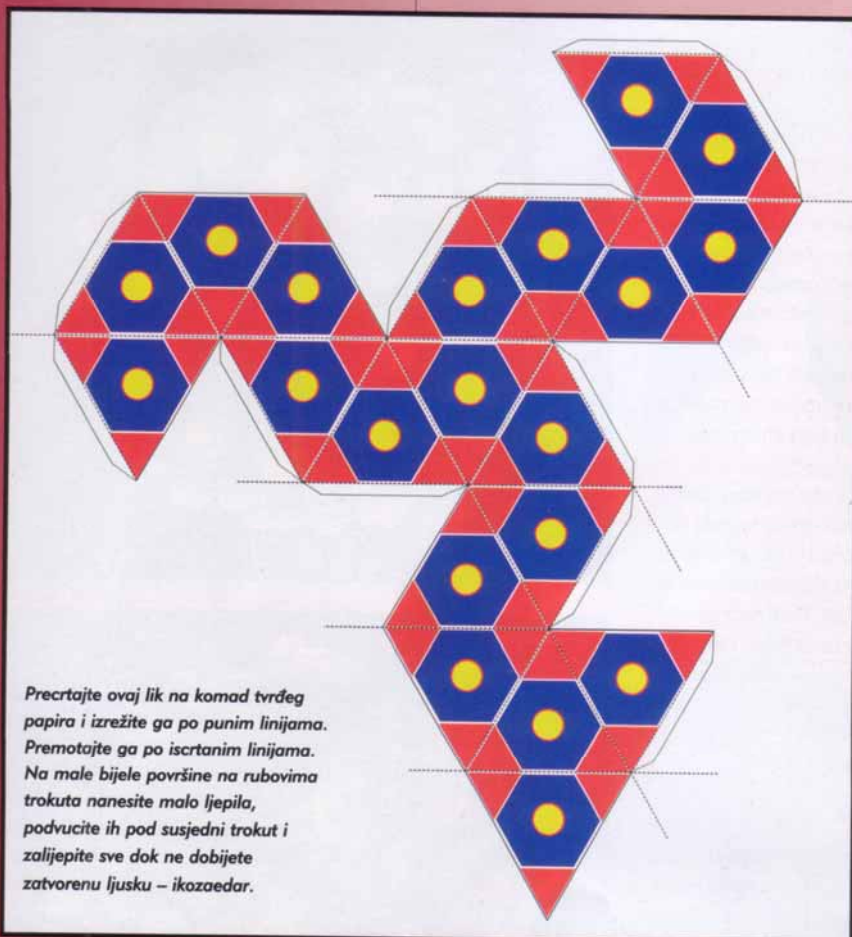


Nodamura virus,
dijametar 31 nm



Echovirus, dijametar 30 nm





Precrtajte ovaj lik na komad tvrdog papira i izrežite ga po punim linijama. Premotajte ga po iscrtanim linijama. Na male bijele površine na rubovima trokuta nanosite malo ljepila, podvucite ih pod susjedni trokut i zalijepite sve dok ne dobijete zatvorenu ljusku – ikozaedar.

Jednako tako se i proteini u virusu oko vrhova ikozaedra nalaze u skupinama od po pet komada, dok se na ostalim dijelovima površine ikozaedra sastaju u skupinama od po šest komada. Kako ikozaedar ima 12 vrhova, to peterostrukih proteinskih nakupina odnosno peterokutnih ugljikovih prstena ima uvijek točno 12.

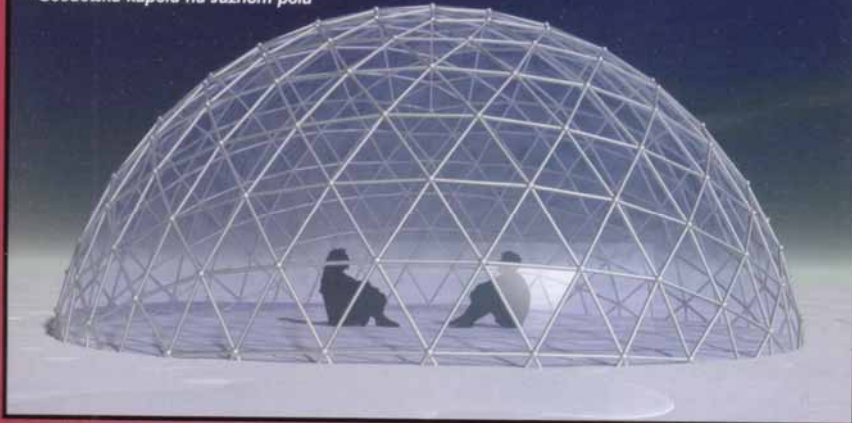
Sićušne strukture koje znanstvenici otkrivaju na skalama nanometra vrlo često imaju posebno skladnu geometriju, a platonski uzorak ljepote stalno se ponavlja. Naprimjer, nakupine malog broja atoma (takozvani grozdovi ili klasteri atoma) vrlo često imaju oblik ikozaedra. Smatra se i da se RNA molekule unutar nekih virusa pakiraju u uzorku koji ima dodekadersku simetriju. Za pakiranje atoma u kristalima

Sićušne strukture koje znanstvenici otkrivaju na skalama nanometra vrlo često imaju posebno skladnu geometriju, a platonski uzorak ljepote stalno se ponavlja.

često su uobičajeni rasporedi u kojima je lako razaznati kockaste uzorke. Oku vidljivi prirodni kristali često imaju oblik oktaedra.

Poznavanje detaljne strukture i oblika virusa možda će omogućiti i efikasne lijekove protiv virusima uzrokovanih bolesti. Moguće je zamisliti molekule lijeka koje se vežu na pojedine virusne proteine u stanici i na taj način onemogućavaju njihovo sastavljanje ili ih pak označavaju tako da ih stanični mehanizmi prepoznaju kao proteinski "otpad" te ih razgrade, rascepkaju na aminokiseline. Drugi način bi bio da se molekule lijeka vežu na viruse prije njihova ulaska u stanicu i na taj način onemogućuje njihov prolazak kroz staničnu stijenku – na sličan način djeluju antitijela našeg imunog sustava. U svakom slučaju, za dizajniranje efikasnih antiviralnih lijekova bit će potrebno poznavanje detaljne strukture virusa koji želimo uništiti ili inaktivirati i položaja na virusnim proteinima na koje će se molekule lijeka moći vezati. :-)

Geodetska kupola na Južnom polu



Desno:

Dvije molekule C_{60} (buckminsterfullereni)

Lijevo:

Nakupine (klasteri) koje sadrže 309 (lijevo) i 147 atoma. (Atomi ne sačinjavaju samo ljusku, već se nalaze i u unutrašnjosti nakupine.)

