

PODRIJETLO OBLIKA I STRUKTURE: FIZIKALNI POGLED

MOZAIČNI VIRUS ŽUTE REPE

Oblik se pojavljuje kao vrsta minimalnog (ili optimalnog) entiteta – oblici su takvi kakvi jesu jer su njima pridružene energije minimalne, a svi alternativni oblici koji udovoljavaju uvjetima u kojima oblik nastaje nužno imaju veće energije

Antonio Šiber rođen je 1972. u Zagrebu. Doktorat iz teorijske fizike čvrstoga stanja obranio je u ljeto 2002. na PMF-u u Zagrebu. Zaposlen je na Institutu za fiziku u Zagrebu i pohađa postdoktorski studij na Institutu Jožef Stefan u Ljubljani. Bavi se istraživanjem statike i dinamike objekata na nanometarskim skalama. Autor je 31 znanstvenog rada u međunarodnim časopisima, a 2005. objavio je popularnoznanstvenu knjigu o strukturi tvari *Svemir kao slagalica*. Intenzivno se bavi popularizacijom znanosti.

Gotovo sve je oblik. Lampa na radnom stolu kao geometrijska unija dvaju krnjih stožaca, valjkasti utor strujne utičnice, police za knjige kao prizme zasnovane na

pravokutniku. Doduše, nisu svi objekti tako lako opisivi kao što to prethodna rečenica sugerira. Kako riječima opisati oblik lista? Ili računalnoga miša? Kako god oblik složen bio, možemo ga definirati kao način zauzimanja prostora ili karakter prostorne protežitosti. »Vanjski lik predmeta i tijela« (*Rječnik hrvatskog jezika*, skupina autora, Školska knjiga, 2000) također nije loša definicija. No, samo definiranje onoga što intuitivno znamo i bez definicije ne odvodi nas daleko na putu do odgovora na prava pitanja: Otkud potječe oblik? Zašto je oblik nečega upravo takav? Jasno, za oblike

koje su zamislili dizajneri i proizvela industrija odgovori na ta pitanja prilično su jednostavni. Zanimljivija klasa pitanja odnosi se na oblike koji nastaju manje-više *spontano*. Takva pitanja bi npr. bila »Zašto je mjehur od sapunice sferičan?« ili »Kakav je oblik lanca ovjesena između dvije točke?«. Fizika daje jasne odgovore na takva pitanja i to:

»Mjehur od sapunice je sferičan jer je od svih zamislivih oblika koji imaju točno određeni volumen, sfera onaj s *najmanjom* površinom i pripadnom površinskom *energijom*.« i »Lanac ovješena između dvije točke zauzima oblik krivulje čija je potencijalna *energija* u gravitacijskom polju Zemlje *minimalna*.« Vidimo da se oblik pojavljuje kao vrsta minimalnog (ili optimalnog) entiteta – oblici su takvi kakvi jesu jer su njima pridružene *energije* minimalne, a svi alternativni oblici koji udovoljavaju uvjetima u kojima oblik nastaje nužno imaju veće energije. Pod »uvjetima u kojima oblik nastaje« mislim na ograničenja kojima oblik mora udovoljiti, npr. da je volumen koji zauzima zadan (kao kod mjehura od sapunice), ili da mora zauzimati određene dijelove prostora (kao što lanac mora prolaziti kroz ovjesišne točke), ili da su mu određeni dijelovi prostora nepristupačni i slično.

Ne samo da su oblici minimalni entiteti nego se i većina fizikalnih zakonitosti može izraziti na *minimalan način*. Tako se npr. geometrijska optika može gotovo u potpunosti opisati Fermatovim principom (1662. godina), koji kaže da je putanja kojom se zrak svjetlosti prostire između dviju zadanih točaka ona koju svjetlost prijeđe za *najkraće vrijeme*. Cijela klasična mehanika se također može opisati na minimalni način. Taj iskaz prirodnih zakonitosti poznat

je pod imenom Euler-Lagrangeovih jednadžbi (1750. godina) ili principa minimalne akcije. Činjenica da su i zakoni kao i oblici minimalni entiteti i nije toliko čudna, jer je rezultat fizikalnoga zakona uvijek nekakav oblik: putanju možemo shvatiti kao oblik u prostor-vremenu, a distribucija potencijala u

prostoru kakvu npr. dobivamo rješavanjem elektrostatskih jednadžbi, također je vrsta oblika. Prirodu u ukupnosti možemo dakle shvatiti kao minimalan entitet – i oblici kojima je napućena i zakoni koji je opisuju su, kako je već izrečeno, minimalni entiteti.

Svaki oblik se mora realizirati, mora od nečega biti sačinjen. Danas znamo da su atomi univerzalne *lego-kockice* hladne tvari (ovdje treba isključiti

vruću tvar kao što su zvijezde), dakle i osnovni gradbeni elementi svakog oblika. Oblik se realizira putem strukture, prostorni raspored atoma koji ga sačinjavaju, a atomska *arhitektura* često neuobičajeno podsjeća na stvarnu arhitekturu. Tako je npr. oblik molekule sačinjene od 60 atoma ugljika (C_{60}) inačica gigantskih geodetskih kupola koje je pedesetih godina prošlog stoljeća gradio i propagirao inovator i dizajner Richard Buckminster Fuller. Njemu u čast ta je molekula i dobila ime *Buckminsterfulleren*. Dimenzije geodetskih kupola mjerimo u desetinama i stotinama metara, dok je promjer molekule C_{60} manji od milijarditog dijela metra (nanometra). Još je zanimljivije da na skalama od pedesetak nanometara nalazimo još jedno utjelovljenje Fullerova dizajna – virusi su također minijature kopije geodetskih kupola (ponešto zamršenije od onih koje je Fuller projektirao), stotinama puta veći od fullerena i milijardu puta manji od arhitektonskih kupola. Isto strukturalno rješenje rezultat je iste vrste optimizacijskog (minimizacijskog) problema kojeg navedeni oblici *rješavaju* – zatvorenu, sferičnu strukturu potrebno je sačiniti od određenog broja *istih* gradbenih elemenata (atoma ugljika u fullerenskim molekulama, identičnim kopijama proteina koji



Fantazijska arhitektonska studija zgrade zasnovana na strukturi biljarskih kugala u cilindričnoj posudi (nije prikazana) koja ima minimalnu gravitacijsku potencijalnu energiju (prema I. Lovreković, I. Šrut i A. Šiber, neobjavljeno)

sačinjavaju virusni omotač te štapno-zglobnim gradbenim elementima u geodetskim kupolama).

Oblici i strukture koje proizvodi život također moraju na neki način biti *minimalni* s obzirom da *rješavaju* točno zadane probleme preživljavanja. Ovih dana stalno opažam sjeme javora sa svojim krhkim, gotovo papirnatim krilima koji sjemenu omogućavaju da i pri malom vjetru odleti daleko iz sjene krošnje u kojoj je nastao. Oblik krila jasno ne može biti bilo kakav – neće svi oblici krila rezultirati efikasnim letom sjemena. Stoga se može reći da je oblik krilca na sjemenu javora evoluirao tako da riješi fizikalni, optimizacijski, još točnije rečeno aerodinamički problem – maksimizirati domet sjemena. Evolucija je, dakle, i evolucija oblika. To je dakako doslovno darvinističko stajalište, jer Darwin i nije opažao ništa više od oblika (i navika) životinja i biljaka. Danas znamo da se evolucija događa na molekularnoj, nanometarskoj razini putem promjena u genetskom zapisu organizama i propagacijom onih promjena koje pogoduju opstanku. Ipak, svi ti rafinirani i sićušni mehanizmi na kraju proizvode makroskopski oblik (npr. krilato sjeme), koji udovoljava nekim fizikalnim minimizacijskim zakonitostima.