

Gotovo sve znanosti, pa tako i biologija, sadrže u sebi određenu količinu matematike. Pitagora i njegovi učenici pitagorejci smatrali su da su ljudi ništa drugo nego skup različitih odnosa i kombinacija. Danas znamo da živa bića i procesi u živim bićima uistinu slijede određene matematičke zakone.

Zlatni rez ljudskog tijela

U prirodi nalazimo mnoge primjere zlatnoga reza – puževe kućice, raspored latica ruža, raspored listova u mnogim biljkama, oblici ciklona koje nastaju u atmosferama, pojedine galaksije... Ljudsko je tijelo također primjer zlatnog reza. Prvo upoznajmo što je uopće zlatni rez.

U matematici kažemo da su dvije veličine u odnosu zlatnoga reza ako je odnos veće veličine naprema manjoj jednak odnosu zbroja veličina naprema većoj.

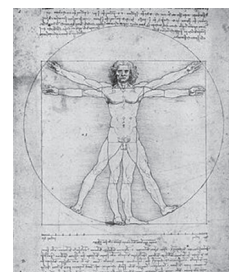
$$\frac{a}{b} = \frac{a+b}{a} = \phi$$



Taj odnos se označava malim grčkim slovom ϕ (Phi). ϕ je iracionalna konstanta koja iznosi približno $\phi \approx 1.61803$ (točan iznos: $\phi = \frac{1+\sqrt{5}}{2}$).

Zadatak 1. Duljine stranica dvaju kvadrata su u zlatnom rezu. Zbroj duljine stranice prvog kvadrata i stranice drugog kvadrata iznosi 13 cm. Koliko iznosi površina manjeg kvadrata? ($\phi \approx 1.618$.)

Svi poznajemo Da Vincijevu skicu čovjeka s „četiri ruke i noge” unutar kruga i kvadrata. Malo ljudi zna da je Leonardo da Vinci tom skicom, koja se zove *L'Uomo Vitruviano* ili Vitruvijski čovjek, među prvima u povijesti primijenio zlatni rez na ljudsko tijelo.



Slika 1. *L'Uomo Vitruviano*
(Vitruvijski čovjek)

Savijte jedan od prstiju na rukama. Uočite kako se sastoji od tri segmenta (kosti) povezanih zglobovima. Također, postoji i četvrti segment (kost) koji se pruža od posljednjeg zgloba prsta pa do kraja šake.

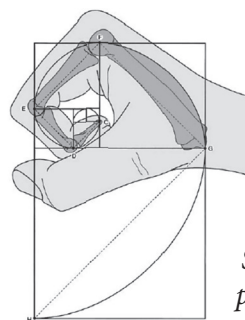
Uočite kako niti jedan segment nije iste duljine, nego postaje dulji kako idemo od vrha prsta do kraja šake.

Svaki segment (tj. kost) u odnosu je zlatnog reza sa sljedećim elementom. Ako duljinu neke od kostiju podijelimo duljinom sljedeće manje, dobit ćemo zlatni rez (ϕ). Ovo nam svojstvo omogućuje da nesmetano savijemo prste u šaku.





Slika 2.
Rendgen
šake



Slika 3. Savijanje
prstiju s prikazom
zlatnog reza

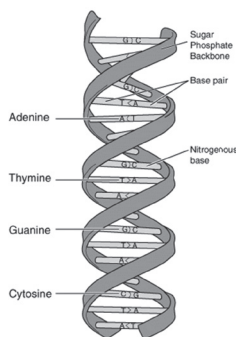
Duljine ljudskog tijela koje se odnose kao zlatni rez¹:

- udaljenost od lakta do zgloba šake – duljina šake (do vrha srednjeg prsta)
- visina čovjeka – udaljenost od vrha glave do vrhova prstiju (ruka spuštena uz bokove)
- udaljenost od vrha glave do vrhova prstiju – udaljenost od vrha glave do pupka
- udaljenost od vrha glave do pupka – širina ramena ili duljina podlaktice
- širina ramena ili duljina podlaktice – udaljenost od vrha glave do brade

Zadatak 2. Krojačica šije odjeću za lutku koja će biti postavljena u izlog jedne trgovine. Lutka je rađena tako da su dijelovi tijela u zlatnom rezu. Krojačica je izmjerila da je udaljenost od vrha lutkine glave do mjesta na kojem bi trebao biti pupak 70 cm. ($\phi \approx 1.618$.)



- Koja je širina ramena lutke?
- Koliko je lutka visoka?



Slika 4.
Molekula DNA

Kombinatorika DNA

DNA (deoksiribonukleinska kiselina) je vrsta molekule koja se nalazi u gotovo svim našim stanicama. Ona u sebi sadrži sve informacije o našim biološkim karakteristikama kao što su boja očiju, visina, boja kose, oblik tijela...

Ona također omogućuje normalno funkcioniranje našeg organizma, pa život bez DNA ne bi bio moguć.

Ova je molekula građena od dva međusobno povezana lanca i to u obliku dvostruke zavojnice. Osnovne gradivne jedinice molekule DNA su strukture koje se zovu nukleotidi. Postoje 4 različite vrste nukleotida ovisno o tome koja

¹Treba uzeti u obzir da će ovi omjeri biti u potpunosti jednaki zlatnom rezu samo u slučaju „idealnih” proporcija ljudskog tijela. U prirodi će najčešće malo varirati.



je od 4 dušičnih baza u sastavu nukleotida. 4 dušične baze koje grade nukleotid su: A (adenin), T (timin), G (gvanin) i C (citozin). Nukleotidi koji se nalaze jedan nasuprot drugog u lancima DNA međusobno se povezuju dušičnim bazama i to na način da se A uvijek povezuje s T, a C se povezuje s G. Zbog ovoga kažemo da su lanci koji grade DNA komplementarni.

Zahvaljujući različitim nukleotidima koji mogu graditi lanac DNA moguće je pohranjivanje velikog broja informacija unutar u DNA. Svaka kombinacija nukleotida rezultira drukčijom informacijom (genetičkom uputom). Biolozima je zanimljivo znati koliko je različitih sljedova nukleotidau DNA moguće napraviti od određenog broja nukleotida. Za ovo je potrebno provesti određene matematičke račune kombinatorike.

Na primjer, odredimo na koliko je načina moguće popuniti tri mjesta znamenkama 0 i 1. Jedan način je ispisivanje svih mogućih nizova:

$$\begin{array}{cccccccccccc} \underline{0} & \underline{0} & \underline{0} & \underline{0} & \underline{0} & \underline{1} & \underline{0} & \underline{1} & \underline{0} & \underline{0} & \underline{1} & \underline{1} \\ \underline{1} & \underline{0} & \underline{0} & \underline{1} & \underline{0} & \underline{1} & \underline{1} & \underline{1} & \underline{0} & \underline{1} & \underline{1} & \underline{1} \end{array}$$

Vidimo da je moguće na ovaj način doći do 8 različitih nizova. Rješenje smo mogli dobiti i na drugi način:

$$\frac{0 \text{ ili } 1}{2} \cdot \frac{0 \text{ ili } 1}{2} \cdot \frac{0 \text{ ili } 1}{2}$$

Uočavamo da je na svaku crtu moguće upisati po dvije mogućnosti (na svakoj su crti mogući brojevi, a ispod svake crte broj mogućih izbora za to mjesto). Umnožak brojeva ispod svake crte daje nam ukupan broj mogućih nizova (8).

Primijenimo naučeno na lanac DNA. Želimo ustanoviti koliko je različitih lanaca moguće sastaviti od 5 nukleotida ako znamo da nukleotid može biti A, T, C ili G. Nacrtat ćemo 5 crta koje predstavljaju mjesta na koja jedan od 4 nukleotida može doći.

$$\frac{A \text{ ili } T \text{ ili } C \text{ ili } G}{4} \cdot \frac{A \text{ ili } T \text{ ili } C \text{ ili } G}{4} \cdot \frac{A \text{ ili } T \text{ ili } C \text{ ili } G}{4} \cdot \frac{A \text{ ili } T \text{ ili } C \text{ ili } G}{4} \cdot \frac{A \text{ ili } T \text{ ili } C \text{ ili } G}{4}$$

Moguće je sastaviti 4^5 lanaca, tj. 1024 lanaca.

Zadatak 3. Koliko je različitih lanaca DNA moguće sastaviti od 8 nukleotida?

Zadatak 4. Zapišite opću formulu za broj mogućih lanaca DNA sastavljenog od n nukleotida.

Zadatak 5. Koliko je različitih lanaca DNA moguće sastaviti od 4 različita nukleotida?

Zadatak 6. Koliko je različitih lanaca DNA moguće sastaviti od 20 nukleotida A, C ili G?

Rješenja provjerite na stranici 143.

