

Fizički modeli i „princip analogije“ u ljudskom organizmu

Milan S. Kovačević, Ljubica Kuzmanović, Marko M. Milošević

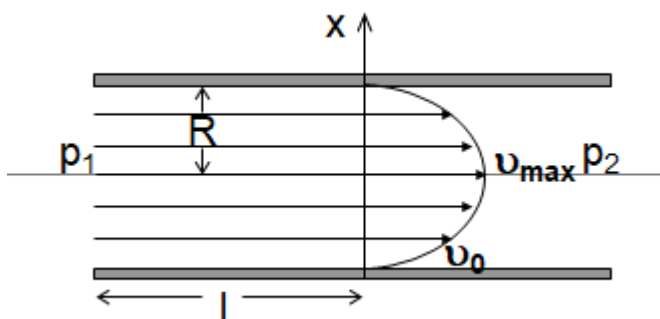
Prirodno-matematički fakultet, Kragujevac, Srbija

Apstrakt. Modelovanje je jedan od osnovnih istraživačkih metoda savremene nauke koji se često koristi i u ispitivanju nekog biološkog sistema. Zasnovano je na činjenici da se određene pojave, koje se teško ispoljavaju i proučavaju na nekom sistemu, relativno lako prepoznaju i prate na drugom, koji je njemu analogan. Princip analogije se zasniva na činjenici da često u sasvim raznorodnim sistemima mogu da se odigravaju formalno istovetne pojave. Ako se u dva sistema zapazi izvestan broj istih pojava i ako se na jednom od sistema uoči neka nova pojava, postoji velika verovatnoća da će se analogna pojava zapaziti i na drugom sistemu. U radu je dat pregled nekoliko modela, na primer, model mišićne kontrakcije, model prostiranja akcionog potencijala, model krvnog suda kao cev visokoeleastičnih zidova, redukovano oko, sistem poluga u srednjem uhu i dr. Navedeni primeri mogu koristiti da se na času fizike proizvedu situacije gde se povezuju kognitivni i motivacioni procesi.

Ključne reči: model, analogija, ljudski organizam.

Kretanje viskozne tečnosti kroz usku cev

Kroz uske cevi sa krutim zidovima tečnost se kreće u slojevima koji su u obliku koncentričnih cilindara. Maksimalnu brzinu ima sloj duž ose cevi. Na slici 6 je prikazan profil brzine fluida u cevi.



SLIKA 5. Profil brzine fluida u cevi.

Za realne viskozne fluide Navier-Stoksova jednačina kretanja fluida u cilindričnim koordinatama je diferencijalna jednačina drugog reda

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial v}{\partial r} \right) = \frac{1}{\mu} \frac{\partial p}{\partial z} \quad (6)$$

A rešavanjem ove jednačine dobija se profil brzine tečnosti u cilindru

$$v_z(r) = \frac{1}{4\mu} \frac{p_1 - p_2}{l} (R^2 - r^2) \quad (7)$$

gde je l dužina cevi kroz koju protiče fluid. Maksimalna brzina tečnosti ($v_{\max}$) u centru cevi (rastojanje $r=0$)

$$v_z(r) = \frac{1}{4\mu} \frac{\Delta p}{l} R^2. \quad (8)$$

Ukupni protok tečnosti kroz poprečni presek cevi je

$$Q = \int_0^R 2\pi r v_z dr = \frac{\pi}{8\mu} \frac{\Delta p}{l} R^4 = \frac{\Delta p}{R_H}, \quad (9)$$

gde je $R_H = \frac{8\mu l}{\pi R^4}$ veličina koja zavisi od karakteristika cevi i karakteristika tečnosti i naziva se hidraulični otpor. Poslednja jednačina je poznata kao Poazejev zakon. Prema njemu, protok fluida koji protiče kroz cev je direktno proporcionalan razlici pritisaka i četvrtom stepenu poluprečnika cevi, a obrnuto proporcionalan dužini cevi. Srednja brzina proticanja fluida kroz cev može se izvesti iz Poazejevog zakona

$$\bar{v} = \frac{Q}{S} = \frac{1}{8\mu} \frac{\Delta p}{l} R^4. \quad (10)$$

Poazejev zakon (10) se može uporediti sa Omovim zakonom. Ova analogija je konceptualno korisna za razumevanje strujanja fluida. Protok fluida Q odgovara jačini struje (količina elektriciteta koja prođe kroz poprečni presek provodnika u jedinici vremena) razlika pritisaka na krajevima cevi Δp je analogon naponu U na krajevima provodnika, a hidraulični otpor je analogon električnom otporu.

$$I = \frac{U}{R} \text{ (Omov zakon)} \quad Q = \frac{\Delta p}{R_H} \text{ (Poazejev zakon)}$$

Poredeći Omov zakon i Poazejev zakon dobijamo izraz za otpor cevi, definisanog koeficijenta viskoznosti (μ), dužine (l) i poluprečnika cevi (R). Hidraulični otpor se može smanjiti povećanjem poprečnog preseka cevi ili paralelnim vezivanjem više cevi.

LITERATURA

1. S. Stanković, Fizika ljudskog organizma, Prirodno-matematički fakultet, Departman za fiziku, Novi Sad 2006.
2. I. P. Herman, Physics of the human body, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007.
3. N. Milošević, Z. Nestorović, M. Platiša, D- Žikić, N. Rajković, Biofizika u medicinskoj fiziologiji i medicinskoj biohemiji, Medicinski fakultet, Beograd 2017.
4. Hodgkin, A. L. and A. F. Huxley, A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve. J Physiol, 1952. 117(4): p. 500-44.
5. Hodgkin, A. L. and A. F. Huxley, A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve. J Physiol, 1952. 117(4): p. 500-44.
6. P. Golubović, D. Ristanović, S Jarić, In vivo study on the effect on muscle length on its maximum force on contraction, *Period. Biol.* **83** (1) 135-137 (1981)
7. R. K. Hobbie, Intermediate Physics for Medicine and Biology, Springer Cham Heidelberg 2015.

Sadržaj

Fizički modeli i „princip analogije“ u ljudskom organizmu	1
Kretanje viskozne tečnosti kroz usku cev	1
LITERATURA	2