

MEHANIKA ZA STUDENTE NEINŽENJERSKIH STUDIJSKIH PROGRAMA

Miodrag Žigić

Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

mzigic@uns.ac.rs

Kratak sadržaj: Kao grana fizike, mehanika ne samo da se često povezuje sa inženjerskim disciplinama, već za mnoge od njih predstavlja čvrst temelj. Ipak, principi mehanike imaju veoma široku primenu koja prevazilazi polje inženjerskih nauka. Iako je u srcu mehanike učenje kako da se problem postavi i kako da se postavljeni problem reši, predavanje ovog predmeta studentima koji se ne školuju da postanu inženjeri zahteva naročitu pažnju i poseban pristup različitim grupama studenata u zavisnosti od njihovog predznanja i u skladu sa njihovom budućom profesijom, pri čemu treba obratiti naročitu pažnju na motivaciju za usvajanje gradiva, čemu u velikoj meri mogu doprineti savremena tehnička sredstva. U ovom radu se analiziraju izazovi, strategija, oblasti od ključnog značaja i metodologija predavanja koji mogu učiniti mehaniku pristupačnom i prijemčivom za studente koji se školuju u okviru neinženjerskih studijskih programa.

Ključne reči: mehanika/metodologija predavanja/neinženjerski studijski program

MECHANICS FOR NON-ENGINEERING STUDY PROGRAM STUDENTS

Abstract: As a branch of physics, mechanics is not only often associated with engineering disciplines but also serves as a solid foundation for many of them. However, the principles of mechanics have a very broad application that extends beyond the field of engineering sciences. While at the heart of mechanics lies the skill of formulating and solving problems, teaching this subject to students who are not training to become engineers requires special attention and a tailored approach to different groups of students, depending on their prior knowledge and in line with their future profession. Special attention should also be given to motivating students to master the material, which can be greatly facilitated by modern technical tools. This paper analyzes the challenges, strategies, key areas, and teaching methodologies that can make mechanics approachable and engaging for students enrolled in non-engineering study programs.

Key Words: mechanics/teaching methodology/non-engineering study programs

1. UVOD

Prema rečima Lajnusa Polinga, dobitnika Nobelove nagrade za hemiju, kao i Nobelove nagrade za mir, sredinom prošlog veka, ističe se značaj nauke za svakog pojedinca: „Nemoguće je poreći da je nauka odigrala ključnu ulogu u oblikovanju savremenog sveta. Hrana koju jedemo, odeća koju nosimo, sredstva transporta koja koristimo za putovanje, lekovi koji nas održavaju zdravima, i oružja koja koristimo za međusobno ubijanje - sve je to u poslednjim godinama promenjeno zahvaljujući naučnim otkrićima. Može se reći da se svet danas nalazi u opasnoj situaciji jer se nauka i njena primena razvijaju brže nego što prosečan građanin može da razume. Evidentno je od velike važnosti pokušati da se ova situacija poboljša kroz program edukacije građana o nauci... Građanin mora imati dovoljno znanja o svetu kako bi donosio ispravne odluke; a u savremenom svetu to znači da građanin mora značajno razumeti nauku”, videti [1]. Iako su ove reči izrečene pre više od pola veka, one i te kako imaju značaj i u današnje vreme. S obzirom da inženjerstvo postaje sve više multidisciplinarno i integriše se sa drugim profesijama, jasno je da koliko je ono u toj priči važno, a naročito mehanika kao osnova mnogih inženjerskih nauka. U ovom radu se analiziraju izazovi, strategija, oblasti od ključnog značaja i metodologija predavanja koji mogu učiniti mehaniku pristupačnom i prijemčivom za studente koji se školuju u okviru neinženjerskih studijskih programa.

2. ANALIZA I OPŠTA RAZMATRANJA

Mehanika je nauka o kretanju i deformacijama tela pod dejstvom sila. I pored toga što postoji široka lepeza problema iz svakodnevnog života koji se mogu analizirati na časovima mehanike, i pored njene interdisciplinarnosti, predavanje mehanike studentima neinženjerskih smerova predstavlja veliki izazov. Taj izazov se ogleda u razlici u predznanju slušalaca kursa, apstraktnoj prirodi predmeta, različitom stepenu motivacije studenata za učenje mehanike, nedostatku pomoćnih resursa, a neretko i u ograničenom fondu časova samog predmeta. Za definicije, aksiome i teoreme mehanike koristi se matematika, te je ona neophodna kao sredstvo izražavanja u mehanici. Često veliki broj studenata koji su upisani na neinženjerski studijski program nema dovoljno predznanje iz matematike čime je otežano njihovo praćenje kurseva mehanike koji se predaju na inženjerskim smerovima. Zato je važno

uraditi pojednostavljenje, ali tako da se ne naruše osnovni koncepti i suština. Neke od strategija da se gradivo približi studentima su sledeće:

- Vizuelna pomoćna sredstva, kao što su dijagrami, animacije i simulacije mogu biti od velike koristi da se predavano gradivo bolje razume, tj. da se vidi šta određene jednačine i njihova rešenja predstavljaju, jer je poznata činjenica da jedna slika „govori” kao hiljadu reči. Slično poređenje se može izvesti i za animaciju u odnosu na sliku, pa je jasno koliko vizuelna sredstva mogu doprineti nastavi, videti [2].

- Korišćenje što više analogija prilikom predavanja, tako da se predavano gradivo poveže sa stvarima sa kojima su studenti već upoznati iz svog iskustva, te da se na taj način novo gradivo bolje razume i poveže sa već poznatim. Jedan od primera za bolje razumevanje otpora prilikom kretanja kroz otpornu sredinu (vazduh ili voda), gde otporna sila zavisi od brzine proučavanog objekta u odnosu na materijalnu sredinu, je vožnja bicikla u vetrovitim uslovima, pri čemu je kretanja bicikla otežano ukoliko je kretanje u smeru suprotnom od smera vetra, a sve je teže ukoliko je veća i brzina vetra.

- Izvođenje eksperimenata, čime se zakoni mehanike mogu na licu mesta demonstrirati, analizirati i bolje objasniti i usvojiti. Dobri primeri za to su eksperiment za određivanje koeficijenta trenja klizanja, gde objekat klizi po strmoj ravni, pri čemu se može vršiti izbor materijala proučavanog objekta i podloge, a takođe i eksperiment za analizu sudara, gde se objekat kreće translatorno određenom brzinom ka prepreci, udara u prepreku i odbija se manjom brzinom, pri čemu se meri brzina objekta i udarna sila tokom udarnog procesa, videti [3].

- Korišćenje interaktivnih udžbenika i zbirki zadataka, gde se pomoću ugrađenih QR kodova može pristupiti raznim audio i video sadržajima i 3D modelima, koji mogu da doprinosu boljem razumevanju gradiva, videti [4].

Prilikom predavanja kursa mehanike studentima neinženjerskih smerova, korisno je staviti akcenat na sam koncept, tj. na suštinu pojave koja se izučava, umesto na izvođenje jednačina. Samo izvođenje ne mora da izostane, ali se ono nekada može dati studentima u vidu pripremljenog materijala, tako da se na času prikaže za kraće vreme nego da se na licu mesta izvodi. Na taj način ostaje više vremena za objašnjavanje i primere, kao i za uključivanje studenata u diskusiju. Pored osnovnih pojmova, ključne stvari na koje treba staviti akcenat su položaj ravnoteže, Njutnovi zakoni, zakon održanja energije, suvo trenje, sudar, prelazak energije iz jednog oblika u drugi, osnovni vidovi deformacije tela, stabilnost, oscilatorno kretanje. S obzirom da je mehanika nauka o kretanju, silama i deformacijama tela pod dejstvom sila, nije teško pronaći primere iz prakse koji su bliski studentima i kroz te primere pojasniti i približiti gradivo. Ovi koncepti se mogu predavati sa manje matematičke kompleksnosti, pri čemu je neophodno i dalje zadržati suštinu samih pojava.

Mehanika se može učiniti zanimljivijom i prijemčivijom isticanjem njene povezanosti sa drugim disciplinama. U biologiji, biomedicini i sportskim naukama može se analizirati mehanika ljudskog kretanja, trčanja, plivanja, ili leta lopte kroz otpornu sredinu. Veoma je zanimljiva primena principa mehanike na generisanje pokreta putem kontrakcije mišića, pri čemu mišićne sile dejstvuju na određene kosti izazivajući rotaciju u zglobovima, ili objašnjavanje uloge krila ptice (povezano sa avinskim krilom) u stvaranju uzgonske sile i mogućnosti leta u vazduhu. U nauci o zaštiti životne sredine može se analizirati princip rada vetrogeneratora, uticaj temperature vazdušnih slojeva na pojavu kretanja vazduha, transformacija energije i uticaj vetrogeneratora na životnu sredinu. U naukama iz polja umetnosti akcenat se može staviti na proučavanje i objašnjavanje položaja ravnoteže određenih skulptura, kao i na ravnotežu i kretanje raznih struktura. Ovakvim pristupom studenti lako mogu shvatiti značaj mehanike i mogućnost njene veoma široke primene.

Takođe, inovativne tehnike u nastavi mogu doprineti približavanju i boljem razumevanju gradiva mehanike.

- Učešćem studenata u grupnim diskusijama, projektima i sesijama, gde će u timu rešavati određene probleme podstiče se njihovo aktivno učešće u nastavi i na izgrađivanje timskog duha.

- Kroz pričanje o istorijskom razvoju mehanike i značajnim ličnostima koje su doprinele razvoju ove nauke i njenom uticaju na društvo, predmet se približava studentima kroz jedan drugačiji aspekt.

- Korišćenjem odgovarajućih softverskih paketa i istraživanje onlajn sadržaja u pogledu simulacija može značajno doprineti boljem razumevanju apstraktnih pojmova.

- Pripremom određenih lekcija unapred i čineći ih dostupnim studentima pre samog časa može se obezbediti više vremena za diskusiju, i zajedničko rešavanje i analizu problema na času.

- Studenti se mogu pitati da objasne određene koncepte svojim rečima ili da pokušaju da pronađu njihovu primenu u svakodnevnom životu ili struci.

- Zadavanjem zadatka studentima da sami naprave jednostavan model ili eksperiment čime bi demonstrirali principe mehanike podstiče se njihovo aktivno učešće u procesu nastave.

- Izrada i prezentacija seminarskog rada putem analize već objavljenih naučnih rezultata i prepoznavanjem osnovnih principa mehanike iz predavanog gradiva u naučnim radovima predstavlja kompleksan ali veoma efikasan zadatak za studente i kao takav može biti vrlo koristan za ponavljanje i utvrđivanje gradiva, kao i da studenti vide gde se sve može primenjivati ono što su učili na predavanju.

3. PRIMERI

U nastavu mehanike studentima Scenske arhitekture, pored osnovnih pojmova i primera, treba uključiti analizu primera koji su bliski studentima i u skladu sa profesijom za koju se školuju, a to su koturače i sistemi koturača i

njihova uloga u podizanju i spuštanju tereta, prenošenje sile putem užadi i štapova, pokretanje zavese, uslovi ravnoteže različitih objekata i sistema na sceni, kretanje različitih objekata i platformi (najčešće su to translatorno kretanje, obrtanje oko nepokretne ose ili ravno kretanje), strukturalna stabilnost.

U okviru nastave mehanike ili biomehanike za studente medicinske struke, korisno je proučiti primere ravnoteže ljudskog tela, obraditi mehaniku pokreta delova tela i kretanja, kao i pokazati da sile u mišićima višestruko prevazilaze težinu ljudskog tela pri određenim vežbama. Takođe, teorija sudara im se može približiti kroz analizu saobraćajnih nezgoda, gde se primenom osnovnih fizičkih i geometrijskih principa utvrđuju okolnosti kako je do same nezgode došlo, analiziraju se mesta dejstva udarnih sila, kretanje vozila, kao i povrede učesnika u saobraćajnoj nezgodi. Grafički prikazi rešenja i simulacije uz pomoć računara i savremenih softverskih alata mogu u velikoj meri doprineti razumevanju osnovnih koncepata, kroz analizu odabranog primera.

Veoma interesantan primer koji se može prikazati studentima je primer tela koje slobodno pada pod dejstvom težine, u sredini sa otporom i u sredini bez otpora. Analiza dobijenog rešenja često dovodi do veoma interesantne diskusije među studentima, a snimci jednog takvog eksperimenta otklanjaju među studentima svaku sumnju i potvrđuju dobijene rezultate. Posmatrajući telo kao materijalnu tačku, osnovna aksioma dinamike (drugi Njutnov zakon)

$$m\mathbf{a} = \mathbf{F}, \quad (1)$$

gde su m i $\mathbf{a}$ masa i ubrzanje objekta, a $\mathbf{F}$ sila koja na njega deluje, se za slučaj slobodnog pada u sredini bez otpora, kao što je prikazano na Slici 1, svodi na sledeći oblik

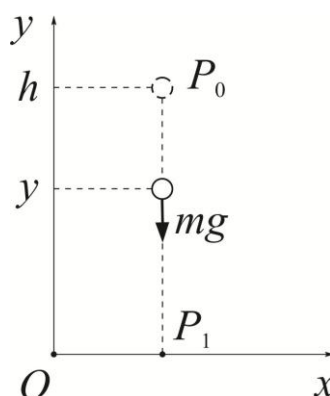
$$\ddot{y} = -g, \quad (2)$$

što predstavlja diferencijalnu jednačinu kretanja, koja prilikom rešavanja uz početne uslove koji opisuju da objekat počinje da pada sa određene visine h , bez početne brzine

$$y(0) = h, \quad \dot{y}(0) = 0, \quad (3)$$

dovodi do rezultata

$$\dot{y}(t) = -gt, \quad y(t) = h - gt^2 / 2. \quad (4)$$



Slika 1. Slobodan pad u sredini bez otpora.

Analizom dobijenog rezultata može se zaključiti da brzina objekta koji vrši slobodan pad u sredini bez otpora (4)₁ uopšte ne zavisi od mase objekta, što bi značilo da se pri ovakvom kretanju brzina kugle za kuglanje i ptičjeg pera ne bi razlikovale. Potvrda ovog zaključka obezbeđuje se prikazom kratkog video snimka baš takvog eksperimenta, koji je dostupan na YouTube kanalu, videti [5].

4. ZAKLJUČAK

Predavanje mehanike studentima neinženjerskih smerova predstavlja veliki izazov, ali takođe pruža mogućnosti za kreativnost u nastavi, uzimajući u obzir interdisciplinarnost, kao i veoma veliku mogućnost primene mehanike kroz brojne primere iz svakodnevnog života. Stavljanjem akcenta na suštinu samih mehaničkih pojava, praktične primene i uz pomoć savremenih alata mehanika se može učiniti pristupačnom i zanimljivom za sve studente. Glavni cilj bi trebalo da bude da studenti razumeju i usvoje osnovne fizičke i geometrijske principe, kako bi ih mogli koristiti u budućem životu i praksi.

Ovo istraživanje je podržano od strane Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu, Projekat broj 2025-054.

5. LITERATURA

- [1] Linus Pauling, *The significance of chemistry to man in the modern world*. Engineering and Science, 14, 10-12, 1951.
- [2] Miodrag Žigić, Nenad Grahovac, *Savremene metode rešavanja inženjerskih zadataka*, XXVI SkupTrendovi razvoja - Inovacije u modernom obrazovanju, Kopaonik, 16.-19.02.2020.
- [3] Armin Berecki, Nenad Grahovac, Miodrag Žigić, *Integracija eksperimentalnih metoda u nastavni proces: analiza udarnih sila u mehaničkim sistemima*, XXX Skup Trendovi Razvoja - Nastavnici i saradnici kao centar promena u visokom obrazovanju, Vrnjačka Banja, 7-10.2.2024.
- [4] Dragan Živanić, Nikola Ilanković, *Neprekidni transport* - zbirka zadataka, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2022.
- [5] BBC, *Brian Cox visits the world's biggest vacuum* [video], YouTube, 2014, <https://youtube.com/watch?v=E43-CfukEgs>