

TEORIJSKA I PRIMENJENA MEHANIKA U NAUCI I INŽENJERSTVU

Miodrag Žigić¹, Nenad Grahovac²

^{1,2}Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

¹mzigic@uns.ac.rs, ²ngraho@uns.ac.rs

Kratak sadržaj: U ovom radu je prikazan kratak pregled razvoja teorijske i primenjene mehanike kao i njihov odnos prema nauci i inženjerstvu. Takođe je analiziran njihov uticaj na obrazovanje inženjera. U nastavku je data diskusija o savremenoj fizici, inženjerstvu i formiranju primenjene mehanike kao discipline u nauci i inženjerstvu. Prema časopisu *Applied Mechanics Reviews* koji izdaje Američko društvo mašinskih inženjera, čiji je impact faktor 16..1, primenjena mehanika je klasifikovana u 94 naslova u okviru 10 kategorija. Odnos nauke i inženjerstva i interakcija primenjene mehanike sa drugim disciplinama je šematski prikazan blok dijagramom. Na kraju je diskutovano o značaju izučavanja teorijske i primenjene mehanike prilikom obrazovanja inženjera u tehnološki inventivnom okruženju.

Cljučne reči: Teorijska mehanika/Primenjena mehanika/Inženjerstvo/Nauka/Obrazovanje

THEORETICAL AND APPLIED MECHANICS IN SCIENCE AND ENGINEERING

Abstract: In this paper a brief overview of the development of theoretical and applied mechanics, as well as their relationship to science and engineering, are presented. Their impact on engineering education is also analyzed. The following is a discussion of modern physics, engineering and the formation of applied mechanics as a discipline in science and engineering. According to the journal *Applied Mechanics Reviews* published by the American Society of Mechanical Engineers, whose impact factor is 16..1, applied mechanics is classified into 94 subjects within 10 categories. The relationship between science and engineering and the interaction of applied mechanics with other disciplines is schematically shown in a block diagram. At the end, the importance of studying theoretical and applied mechanics during the education of engineers in a technologically inventive environment is discussed.

Key Words: Theoretical mechanics/Applied mechanics/Engineering/Science/Education

1. UVOD

Čuveni austrijski fizičar i filozof Ernst Mach je u svojoj knjizi *Science of mechanics* [1], o mehanici je napisao „That branch of physics which is at once the oldest and the simplest .. is concerned with the motion and equilibrium of masses. It bears the name of mechanics.” U preglednom radu [2], mehanika je kratko definisana kao nauka koja proučava mehaničko kretanje i deformaciju materijalnih tela pod dejstvom sila. Mehaničko kretanje podrazumeva promenu položaja tela u prostoru tokom vremena a deformacija relativnu promenu položaja materijalnih čestica unutar tela. Teorijska mehanika se oslanja na neki konačan broj zakona(aksioma) koje uzima za apsolutno tačne i iz njih se razvija deduktivno pomoću strogih matematičkih metoda, [3]. Istorijski razvoj teorijske mehanike od doba Arhimeda i Aristotela do današnjih dana je prikazan u radu [4]. Početkom 20. veka, inženjeri istraživači u građevinskom i mašinsko-vazduhoplovnom inženjerstvu, zajedno sa nekoliko fizičara i matematičara, formirali su novu disciplinu koja se zove primenjena mehanika [2], koja predstavlja mnogo više od primene mehanike u ostalim granama nauke i inženjerstva, što bi se na osnovu definicije mehanike moglo na prvi pogled zaključiti.

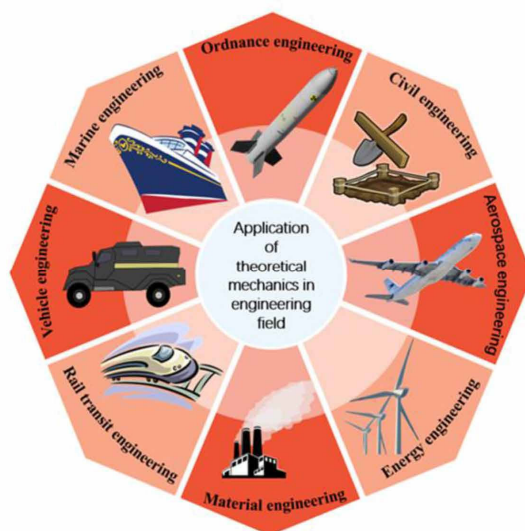
Reč nauka, nije tako lako objasniti jer se ona ne može definisati korišćenjem naučne terminologije. Izvedena je oko 14. veka od latinske reči *scientia* što znači imati znanje. Korišćenje reči nauka sa današnjim značenjem je počelo u drugoj polovini 18. veka kada je mehanika kao i znanja iz elektriciteta, magnetizma, hemije i biologije bila značajno razvijena, [2]. U današnje vreme nauku bi mogli definisati kao skup sistematizovanog znanja potvrđenog činjenicama. Nauka se može podeliti na prirodne i društvene nauke. Reč nauka koja figuriše u naslovu rada predstavlja prirodne nauke. Reč inženjerstvo je izvedena od latinske reči *ingeniare* što znači osmisliti, izmisliti. Ona je u početku bila vezana samo za rad vojnih inženjera. Vojnike koji su se bavili konstrukcijom i pravljenjem katapultova i ovnova za napad na utvrđenja zu zvali *men of ingenuity* (génie na francuskom). Kasnije sredinom 18. veka u francuskoj se pojavila grupa civila koji su obavljali izgradnju puteva, mostova i kanala. Znanje koje su stekli i rad koji su obavljali nazvani su građevinsko inženjerstvo(civil engineering). Danas reč inženjerstvo označava skup znanja u svim granama tehnologije i profesiju koja se bavi umetnošću usmeravanja i prilagođavanja izvora energije u prirodi za upotrebu i udoban život čoveka, [2].

Imajući u vidu značaj teorijske i primenjene mehanike u nauci i inženjerstvu izuzetno je važno posvetiti posebnu pažnju organizaciji i kvalitetu obrazovanja inženjera iz oblasti teorijske i primenjene mehanike.

2. MEHANIKA KAO NAUKA I NJENA PRIMENA U INŽENJERSTVU

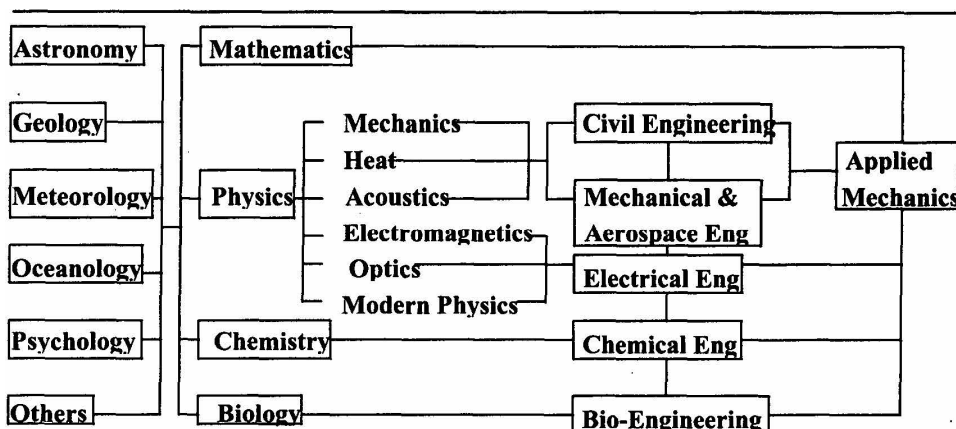
Teorijska mehanika, fundamentalna za inženjerstvo, ključna je za tehnološki napredak u mnogim oblastima kao što su npr. mašinski dizajn, građevinarstvo, energetika i vazduhoplovstvo. Uprkos svojoj širokoj primeni, izazovi se javljaju prilikom upotrebe u složenim sistemima ili interdisciplinarnim studijama, gde postojeći modeli i metode mogu biti nedovoljni. Razvoj primenjene mehanike čija istraživanja tokom veka postojanja nisu samo dovela do razvoja novih inženjerskih proizvoda, već su i proširila znanje klasične ili čak moderne fizike. Primenjena mehanika je proširujući svoju osnovu obuhvatajući sve grane i osnovnih i primenjenih nauka, proširila i svoje primene na elektrotehniku, hemiju i bioinženjering, [2].

Neki od pravaca primene teorijske mehanike u inženjerstvu navedeni su na Slici 1. Služeći kao temeljni stub unutar inženjerstva, teorijska mehanika neprestano doprinosi dobrobiti čovečanstva i napretku društva. U okviru nje se koristi niz sofisticiranih matematičkih alata za sprovođenje temeljnih izvođenja i proračuna, što kulminira formulisanjem preciznih, matematički izraženih zaključaka, [4].



Slika 1. Primene teorijske mehanike u različitim oblastima inženjerstva, [4].

Brza evolucija nauke i tehnologije podstakla je pojavu brojnih poddisciplina i interdisciplinarnih oblasti unutar teorijske mehanike, uvodeći različite mehaničke modele i značajno proširujući primenljivost ove oblasti, što je i dovelo do pojave primenjene mehanike početkom 20. veka.



Slika 2. Interakcija primenjene mehanike sa naukom i inženjerstvom, [2].

Odnos između nauke i inženjerstva i interakcija primenjene mehanike sa drugim disciplinama mogu se sumirati u blok dijagramu prikazanom na Slici 2, koji je preuzet iz rada [2]. Iz dijagrama možemo jasno utvrditi da je primenjena mehanika grana nauke, kao i profesija u inženjerstvu. Da je primenjena mehanika disciplina i u nauci i u inženjerstvu može se videti iz „Main Headings of the Subjects Classification Scheme“ časopisa Applied

Mechanics Reviews. AMR je mesečna publikacija ASME-a, koja pregleda hiljade istraživačkih članaka u skoro 500 međunarodnih časopisa povezanih sa primenjenom mehanikom. Godine 1990, AMR je klasifikovao predmete u deset kategorija kao što se vidi u tabeli, preuzetoj iz rada [2], prikazanoj na Slici 3. Primer: Od deset kategorija sa Slike 3, prvih šest, I. Osnove i osnovne metode, II. Dinamika i vibracije, III. Automatsko upravljanje, IV. Mehanika čvrstih tela, V. Mehanika fluida i VI. Termičke nauke, čine jezgro primenjene mehanike. Preostale tri se bave primenom na VII. Nauku o zemlji, VIII. Energiju i životnu sredinu, i IX. Biološke nauke. Poslednja kategorija, X. Opšte i razno, koristi se više za recenzije knjiga i beleške o AMR nego za članke u časopisima.

I. Foundations and Basic Methods	Soil mechanics (basic)	Machinery fluid dynamics
Continuum mechanics	Soil mechanics (applied)	Lubrication
Finite element methods	Rock mechanics	Flow measurements, visualization
Finite difference methods	Materials processing	VI. Thermal Sciences
Other computational methods	Fracture and damage process	Thermodynamics
Modeling	Fracture and damage mechanics	One phase convection
Experimental systems analysis	Experimental stress analysis	Two phase convection
II. Dynamics and Vibration	Materials testing, stress analysis	Conduction
Kinematics and dynamics	Structures (basic)	Radiation, combined modes
Vibrations of solids (basic)	Structures (ground)	Devices and systems
Vibrations (structural element)	Structures (ocean and coastal)	Thermomechanics of solids
Vibrations (structures)	Structures (mobile)	Mass transfer
Wave motions in solids	Structures (containment)	Combustion
Impact on solids	Friction and wear	Prime movers, propulsion systems
Waves in incompressible fluids	Machine elements	VII. Earth Sciences
Waves in compressible fluids	Machine design	Micromeritics
Solid fluid interactions	Fastening and joining	Porous media
Astronautics (celestial, orbital mechanics)	V. Mechanics in Fluids	Geomechanics
Explosions and ballistics	Rheology	Earthquake mechanics
Acoustics	Hydraulics	Hydrology, oceanology, meteorology
III. Automatic Control	Incompressible flow	VIII. Energy and Environment
Systems theory and design	Compressible flow	Fossil fuel systems
Control systems	Rarefied flow	Nuclear systems
Systems and control applications	Multiphase flows	Solar and other energy systems
Robotics	Wall layers (incl boundary layers)	Wind energy systems
Manufacturing	Internal flow (pipe, channel, Couette)	Ocean energy systems
IV. Mechanics in Solids	Internal flow (inlets, nozzle diffusers, cas-	Energy distribution and storage
Elasticity	cades)	Environmental mechanics
Viscoelasticity	Free shear layers (mixing layers, jets,	Hazardous waste containment and disposal
Plasticity and viscoplasticity	wakes,	IX. Biosciences
Composite material mechanics	cavities, plumes)	Biomechanics
Cables, ropes, beams, etc.	Flow stability	Human factors, rehabilitation, sports
Plates, shell, membranes, etc.	Turbulence	Rehabilitation engineering
Structural stability (buckling, postbuckling)	Electromagneto-fluid and plasma dynamics	Sports mechanics
Electromagneto-solid mechanics	Naval hydrodynamics	X. General and Miscellaneous
	Aerodynamics	

* From "main heading of subjects classification scheme," *Applied Mechanics Reviews*, 43(12) 371-375, Dec 1990.

Slika 3. Klasifikacija primenjene mehanike prema časopisu *Applied Mechanics Reviews*, [2].

Čista nauka pruža osnovna znanja za razvoj inženjerstva. Od pet glavnih disciplina, građevinarstvo i mašinstvo se zasnivaju na tri oblasti fizike: mehanici, akustici i toploti; elektrotehnika se zasniva na tri različite oblasti: elektromagnetici, optici i modernoj fizici. Hemijsko inženjerstvo se zasniva na hemiji, a bioinženjerstvo se očigledno zasniva na biologiji. U potrazi za znanjem, nauka se bavi prirodnim fenomenima i prirodnim objektima u univerzumu, dok se inženjerstvo bavi fenomenima koje je stvorio čovek i proizvodima koje je stvorio čovek u društvu. Pored toga, proces inženjerstva uključuje istraživanje, projektovanje, proizvodnju ili izgradnju, održavanje i marketing, a na sve to utiču ljudski elementi kao što su bezbednost, ekonomija i zakonitost. U tom smislu, inženjerstvo se veoma razlikuje od čiste nauke, i nije primenjena nauka. Mnogo je raznovrsnije i inteligentnije i više doprinosi razvoju ljudskog društva.

Kao fundamentalna nauka sa dubokim korenima, teorijska mehanika ne samo da zauzima centralnu poziciju u tradicionalnim inženjerskim oblastima kao što su građevinarstvo, nauka o materijalima i mašinstvo, već igra podjednako ključnu ulogu u oblastima u razvoju kao što su biomedicina i mikro i nanotehnologija, [4]. Posebno u oblasti mikro i nanotehnologije, uvođenje teorijske mehanike pruža solidnu teorijsku podršku i inovativnu metodologiju za istraživanje. Primenom principa teorijske mehanike, istraživači su u mogućnosti da steknu dublje razumevanje i predviđanje mehaničkog ponašanja na nanoskali, što je neophodno za projektovanje i optimizaciju struktura na mikro i nanoskali. Ove studije ne samo da proširuju obim primene same teorijske mehanike, već i unose novu snagu i mogućnosti u razvoj mikro i nanotehnologije. Integracija teorijske mehanike i biomedicine dovela je do obećavajuće interdisciplinarne discipline biomehanike, koja pokazuje veliki potencijal u modeliranju kretanja živih organizama, razumevanju složenih mehaničkih svojstava biomaterijala i razvoju naprednih medicinskih uređaja. U oblasti nauke o materijalima, primena teorijske mehanike promoviše suštinsko razumevanje odnosa između mikrostrukture i makroskopskih svojstava materijala i pruža teorijske smernice za projektovanje i proizvodnju visokoperformansnih materijala.

Uzimajući u obzir značaj teorijske i primenjene mehanike za razvoj nauke i inženjerstva, obrazovanje inženjera bi trebalo modifikovati kako bi se iskoristile sve prednosti tehnološki inventivnog okruženja, ali je veoma važno

naglasiti da modifikacija ne znači odustaje od klasičnog pristupa koji treba da ostane baza koja će se nadograđivati korišćenjem savremenih metoda i alata, vidi [5] i [6]. U radovima [7], [8] i [9] je prikazano nekoliko mogućih pravaca razmišljanja u cilju podizanja kvaliteta izvođenja nastave iz mehanike na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu.

3. ZAKLJUČAK

Sve u svemu, teorijska i primenjena mehanika, kao most koji povezuje različite kao naučne tako i inženjerske discipline, i dalje imaju široku perspektivu razvoja u budućnosti kao i nezamenljivu ulogu u promociji naučnog napretka, olakšavanju tehnoloških inovacija i rešavanju praktičnih inženjerskih problema, otvarajući više mogućnosti za razvoj ljudskog društva. U tom smislu obrazovanje inženjera iz oblasti mehanike nikako ne treba da bude skrajnuto već naprotiv treba mu posvetiti pažnju koju svojim značajem zaslužuje.

Autori se zahvaljuju na podršci u okviru projekta Departmana za tehničku mehaniku Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu, pod nazivom Savremeni problemi analitičke i primenjene mehanike: teorija, stabilnost i primene.

4. LITERATURA

- [1] Ernst Mach, *Science of Mechanics (1893)*, reprinted by Open Court Publication, 1960.
- [2] Yih-Hsing Pao, *Applied mechanics in science and engineering*, Appl Mech Rev, 51(2), 151 - 153, 1998.
- [3] Dragan T. Spasić, *Mehanika (osnove, opšte i proširenja)*, Fakultet Tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, u pripremi.
- [4] Guanyixuan Zhao, Yining Zhang, Yifan Xie, Zhenjie Liang, Rongjie Cai, Yihao Zhang, *Important Role of Theoretical Mechanics in Engineering*, Eng. Solut. Mech. Mar. Struct. Infrastruct.1(2).8,2024.
- [5] Stefan Persaud, Mark Smit, *A 21st century approach to engineering mechanics education*, International conference on engineering and product design education 7 & 8 September 2017, Oslo and Akershus University college of applied sciences, Norway, 2017.
- [6] Rajibul Karim, *Teaching and Learning of Fundamentals of Mechanics in an Innovative Way to Maximize Students' Understanding*, 2nd WIETE Annual Conference on Engineering and Technology Education, Pattaya, Thailand, 2011.
- [7] Nenad Grahovac, Miodrag Žigić, *Analiza i simulacije u inženjerstvu primenom softverskog paketa Mathematica*, XXV Skup Trendovi razvoja: Kvalitet visokog obrazovanja, Kopaonik, 11.-14. 02.2019.
- [8] Miodrag Žigić, Nenad Grahovac, *Savremene metode rešavanja inženjerskih zadataka*, XXVI Skup Trendovi razvoja: Inovacije u modernom obrazovanju, Kopaonik, 16.-19. 02.2020.
- [9] 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. 02.2024.