

ZNAČAJ FIZIKE U OBRAZOVANJU INŽENJERA: IZAZOVI U IMPLEMENTIRANJU NOVIH TRENDOVA U NASTAVNI PROCES

Ivana Lončarević¹, Selen Samardžić², Aleksandra Mihailović³, Robert Lakatoš⁴

^{1,2,3,4}Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

¹ivanalon@uns.ac.rs, ²selen@uns.ac.rs, ³zandra@uns.ac.rs, ⁴laki@uns.ac.rs

Kratak sadržaj: Fizika pruža osnovu za razumevanje prirode i principa koji njime upravljaju. Ovo razumevanje je ključno za inženjere koji žele da dizajniraju i razvijaju nove tehnologije koje su u skladu sa prirodom i poboljšavaju svet oko nas. Fizičare motiviše želja za spoznavanjem sveta, a inženjere želja za rešavanjem konkretnih problema, koje često rezultuje kreiranjem alata za unapređivanje postojećih i sprovođenje novih eksperimenata čineći tako fiziku i inženjerstvo neraskidivo povezanim. Cilj ovog rada je da ukaže na izazove u implementiranju novih trendova u nastavni proces na kursovima fizike koji se izvode na dvadeset inženjerskih studijskih programa Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu.

Ključne reči: fizika, inženjerski studijski programi

THE IMPORTANCE OF PHYSICS IN EDUCATION OF ENGINEERS: CHALLENGES IN IMPLEMENTING NEW TRENDS INTO THE TEACHING PROCESS

Abstract: Physics provides a basis for understanding nature and the principles that govern it. This understanding is crucial for engineers who want to design and develop new technologies harmoniously with nature and improve the world around us. Physicists are motivated by the desire to learn about the world, and engineers by the desire to solve specific problems, which often results creating of tools for improving existing ones and conducting new experiments, thus making physics and engineering inextricably linked. The aim of this paper is to point out the challenges in implementing new trends in the teaching process in physics courses that are taught in twenty engineering study programs of the Faculty of Technical Sciences of the University of Novi Sad.

Key Words: physics, engineering study programs

1. UVOD

Fizika i inženjerstvo predstavljaju dve strane jedne iste medalje. Istorijski gledano ona je predstavljala, a i dalje predstavlja bazu svake inženjerske discipline. Fizika je prirodna nauka koja se bavi proučavanjem prirode u najsveobuhvatnijem smislu, tj. proučavanjem ponašanja i interakcija materije u prostoru i vremenu. Razvoj tehnologije je usko povezan sa razvojem nauke. Nauka se bavi prikupljanjem saznanja i njegovim organizovanjem dok inženjeri koriste ta znanja u praktične svrhe iznalazeći istovremeno alate za nove naučne eksperimente, što nauku i tehnologiju čini međusobno isprepletenim. Stoga je istinsko razumevanje fizike od suštinskog značaja za razvoj novih tehnologija i svih oblika inovacija, još od vremena prve industrijske revolucije pa do dan danas. Koliko je fizika važna u inženjerstvu i kolika je dalekosežnost njenih primena koje utiču na mnoge aspekte života najbolje prikazuju sledeći primeri:

- Mehanika je grana fizike koja se bavi kretanjem objekata i silama koje ih uzrokuju. Neophodna je u projektovanju mašina, struktura i sistema za kretanje, kao što su motori, mostovi i avioni.
- Termodinamika proučava odnos između toplote, rada i energije. Stoga je od suštinskog značaja za projektovanje sistema koji uključuju prenos toplote, kao što su motori, rashladni sistemi i elektrane.
- Elektromagnetizam se bavi proučavanjem električnih i magnetnih polja i njihovim interakcijama sa materijom. Neophodan je u projektovanju električnih kola, motora, generatora i drugih električnih uređaja.
- Optika ispituje ponašanja svetlosti i njene interakcije sa materijom. Neophodna je u projektovanju optičkih sistema kao što su sočiva, kamere, teleskopi i laseri.
- Nuklearna fizika proučava pojave radioaktivnosti, kao i nuklearne reakcije, fisiju i fuziju. Važna je za razvoj dijagnostičkih metoda i uređaja, kao i za dizajniranje novih tipova reaktora, budući da je upotreba nuklearne energije sve rasprostranjenija.
- Nauka o materijalima je oblast fizike koja se bavi osobinama materije i načinom na koji se njima može manipulirati da bi se postigla određena svojstva. Ključna je u projektovanju materijala za posebne primene, kao što su lake legure za avione, kompoziti za strukture i poluprovodnici za elektronske uređaje.

Kursevi fizike na inženjerskim studijskim programima imaju za cilj da studente obuče kako da primenjuju fundamentalne prirodne principe u rešavanju inženjerskih problema. Ne postoji ni jedan relevantni svetski univerzitet na kom obrazovanje inženjera ne uključuje i kurseve fizike. Proučavanje fizike otvara vrata za razumevanje širokog spektra inženjerskih primena, čineći je nezamenljivim delom inženjerstva.

Cilj ovog rada je da prikaže sa kojim se izazovima u implementiranju novih trendova u nastavi fizike na inženjerskim studijskim programima suočavaju nastavnici sa katedre za fiziku Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu.

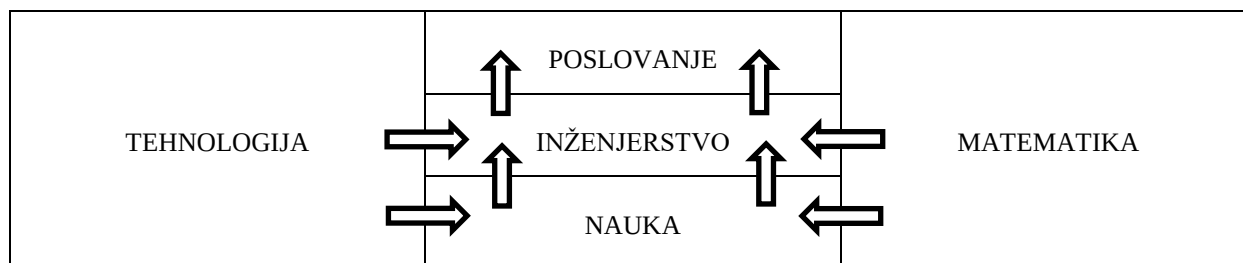
2. RAZVOJ NASTAVE FIZIKE

Obzirom na neupitni značaj nastave fizike u obrazovanju inženjera različitih struka, fizičari su još od početka dvadesetog veka težili da formulišu osnovne principe njenog kvalitetnog sprovođenja. Tako je prema Franklin-u [1] primarni cilj nastave fizike da se kod studenata razvije logička struktura razmišljanja zasnovana na osnovnim fizičkim konceptima i teorijama. U tom cilju potrebno je koristiti jasno i koncizno napisane udžbenike, ilustrovati osnovne zakone zanimljivim praktičnim primenama, raditi primere koji zahtevaju numeričke proračune i neizostavno u nastavni proces uključiti i izvođenje laboratorijskih vežbi koje omogućavaju sticanje analitičkih i konceptualnih znanja o fundamentalnim fizičkim zakonima na neposredan način. Ovaj stav potiče još od lorda Kelvina koji je tvrdio da ako nešto možeš da izmeriš i izraziš numerički onda o tome nešto i znaš. Ako se nešto ne može izmeriti ni broјčano iskazati onda je znanje o tome nedovoljno.

Kasnije su kao osnovni ciljevi koje kroz nastavu fizike treba preneti inženjerima definisani sledeći: naučni pristup u razmišljanju, poznavanje osnovnih zakona fizike, inicijativa i domišljatost, poznavanje metoda i tačno zapažanje. Laboratorijski rad je ocenjen kao suštinski [2].

Ovako definisani ciljevi u osnovi važe i danas. Tiili i Suhonen [3] su, polazeći od skupa minimalnih zahteva za inženjerske kurseve objavljenih od strane EUR-ACE (The European Network for Engineering Accreditation) [4], a to su znanje i razumevanje, praksa, analiza, odlučivanje, projektovanje i istraživanje, pokazali da je za razvoj inženjerskih veština od velikog značaja laboratorijski rad u okviru kurseva fizike.

Ključnu razliku između nauke i inženjerstva sažeto je izrazio Petroski [5] rekavši: „Nauka je u znanju, a inženjerstvo je u delanju“. Sa ovog stanovišta nauka je suštinski bazirana na rešavanju problema koji je osnovni element budućeg otkrića, tj. saznanja o svetu, dok je inženjerstvo projektno orijentisano, jer mu je osnovni cilj da poštujući osnovne prirodne principe, dizajnira, tj. razvije proizvod. Na slici 1 [6] prikazano je da je nauka, a pre svega fizika, baza inženjerskih dostignuća, a i nauka i inženjerstvo su podržane dostupnim tehnologijama i matematičkim aparatima.



Slika 1. Hijerarhija STEM (Science Technology Engineering Mathematics) disciplina

Napredak u nastavnom procesu na kursovima fizike se pre svega odnosi na razvoj metodologije nastave, kao i na razvoj sredstava za izvođenje iste. Danas se vodećim trendom u nastavi fizike smatra implemenatacija tzv. aktivnog učenja u nastavni proces. Metode aktivnog učenja zahtevaju od studenata da se uključe u proces učenja tako što će razmišljati, diskutovati, istraživati i stvarati. Na času studenti vežbaju veštine, rešavaju probleme, bore se sa složenim pitanjima, donose odluke, predlažu rešenja i objašnjavaju ideje svojim rečima kroz pisanje i diskusiju. Project-Based Learning (PBL) je stil aktivnog učenja koji ima najširu primenu [7]. Učenje zasnovano na projektima naglašava aktivnosti učenja koje su dugoročne, interdisciplinarne i u kojima centralna uloga pripada studentu.

Razvoj računarskih softvera daje značajan doprinos unapređenju nastave fizike. Sa jedne strane računarskim metodama je moguće ilustrovati neke zakone, dok sa druge one omogućavaju i nova otkrića. Jedan od vidova njihove primene ogleda se u zahtevu da studenti napišu novi ili modifikuju neki postojeći kod da bi simulirali neke pojave koje zbog raznih ograničenja, prvenstveno odsustva odgovarajućih aparatura, nije lako pokazati u laboratoriji. Sa pedagoškog stanovišta studenti na ovaj način stiču višestruke veštine razmatranjem problema na konceptualnom nivou, obradom dobijenih rezultata i pripremom izveštaja. Svakako su eksperimenti u laboratorijama osnovno nastavno sredstvo, kako u fizici, tako i u inženjerstvu, a sticanje znanja i razvoj veština u velikoj meri zavise od adekvatne organizacije laboratorije. Istovremeno razvoj tehnologija, a prvenstveno široka rasprostranjenost pristupa internetu, omogućava da su materijal potrebni za praćenje nastave u najrazličitijim formama stalno dostupni.

Iako je nastava fizike od suštinskog značaja u obrazovanju inženjera prepoznat je jedan problem koji utiče na uspešnost izvođenja i savladavanja gradiva u nastavnom procesu, a koji je zajednički za gotovo sve svetske univerzitete. Naime, veliki broj studenata koji upisuju inženjerske studijske programe u srednjoškolskom obrazovanju su slušali fiziku samo u prvom razredu ili je čak uopšte nisu ni slušali. Vrlo često i njihove matematičke veštine nisu na zavidnom nivou, pa se oni suočavaju sa znatnim teškoćama u praćenju nastave. Pred nastavnicima je veliki izazov kako da svoja predavanja prilagode nivou koji je optimalan za sve studente budući na postojanje značajnih razlika u njihovom predznanju. U cilju prevazilaženja ovog problema sprovode se različite direktne i indirektne akcije podrške učenju.

3. IMPLEMENTIRANJE NOVIH TRENDOVA U NASTAVNI PROCES

Na Fakultetu tehničkih nauka, Univerziteta u Novom Sadu kursevi fizike se predaju na 20 studijskih programa. Nastava fizike uključuje predavanja, računске vežbe i laboratorijske vežbe. Na predavanjima se izlažu teorijske osnove fundamentalnih fizičkih pojava i studenti se upoznaju sa osnovnim principima koji važe u prirodi. Oblasti koje se predaju prilagođene su potrebama i specifičnostima svakog studijskog programa. Na računskim vežbama se znanja stečena na predavanjima utemeljuju kroz rešavanje različitih računskih problema. Laboratorijske vežbe omogućavaju studentima da kroz različite eksperimente praktično potvrde osnovne fizičke principe.

Tokom zimskog i letnjeg semestra školske 2021/22. godine na Fakultetu tehničkih nauka sprovedeno je istraživanje perspektive učenja na daljinu [8]. Upitnik je distribuiran svim studentima prve godinu studija, na 18 različitih studijskih programa, a validno popunjenih je bilo 1058. U okviru ankete ispitivane su različite sociodemografske karakteristike ispitanika (Tabela 1).

Tabela 1 – Frekventna analiza strukture uzorka u odnosu na završenu srednju školu i godina nastave fizike

Varijabla		N	%
Završena srednja škola	Tehničko-tehnološka	446	42,2
	Društveno-humanističke	100	9,5
	Prirodno-matematičke	251	23,7
	Opšti smer gimnazije	261	24,7
Slušali fiziku u srednjoj školi	Nisu slušali	111	10,5
	Jedna godina	425	40,2
	Dve godine	123	11,6
	Četiri godine	399	37,7
	Lab vežbe u nastavnom procesu	15	1,4

Ovakva struktura studenata prve godine je približno ista u svakoj školskoj godini. Nemerljive su razlike u predznanju fizike među studentima koji upisuju prvu godinu, posebno ako se zna da se u nekim školama fizika uopšte nije predviđena nastavnim programom. Studentima sa slabim predznanjem nije lako da prate tempo kojim se gradivo predviđeno kurikulumom kursa predaje. Istovremeno grupe koje slušaju predavanja na većini studijskih programa broje ne mali broj studenata. Stoga je pred nastavnicima ozbiljan izazov da predavanja prilagode svim studentima, tj. da ih učine svima razumljivim, a istovremeno atraktivnim i zanimljivim. Gradivo se, stoga, potkrepljuje praktičnim primerima i ilustruje primenama iz svakodnevnog života prikazivanjem različitih audio vizuelnih materijala. Savremeni trendovi u izvođenju nastave podrazumevaju primenu principa aktivnog učenja kod kog je centralna uloga data studentu. U velikim studijskim grupama ovaj model je teško ostvariv, između ostalog i zbog fonda časova namenjenog kursu i vremenskog ograničenja njegovog trajanja. Shodno datim uslovima nastavnici pokušavaju da u što većoj meri osavremene i oplemene nastavni proces. U nastavni proces se uvode izrada seminarskih radova i projektnih zadataka, koja podrazumeva da studenti podeljeni u male grupe sami istraže neki problem i izlože rezultate do kojih su došli, što kod njih podstiče kreativnost, ali i zainteresovanost za neke teme. Takođe, uvodi se i izrada različitih vidova domaćih zadataka kojima se pospešuje aktivno učešće u nastavnom procesu.

Značaj laboratorijskih vežbi kao sastavnog dela nastave fizike u inženjerskom obrazovanju apostrofirano je još od početaka razmatranja kvaliteta i efikasnosti nastavnog procesa. Mnogi benefiti koje one pružaju su već navedeni, ali je važno neke detaljnije istaći. Laboratorijske vežbe se na Fakultetu tehničkih nauka, kao i na većini univerziteta, kako domaćih tako i stranih, pre svega zbog prostorne ograničenosti laboratorija, izvode u manjim grupama u odnosu na grupe koje slušaju predavanja. Te manje grupe su izdvojene u podgrupe, tako da maksimalno tri studenta rade jednu eksperimentalnu vežbu na terminu, jednom nedeljno. Prvi zadatak studenata u svakoj od tih podgrupa u koje su raspoređeni je da pripreme teorijske osnove vežbe koju će raditi, čime se podstiče njihova posvećenost predmetu. Na samom času, pre nego što se pristupi praktičnom delu vežbe, vrši se individualna evaluacija studenata na osnovu onoga što su spremili. Evaluacija se sastoji od konceptualnih pitanja u vezi sa eksperimentom. Ovo omogućava da se zbog neposrednog kontakta student - nastavnik razjasne i prodiskutuju neka sporna pitanja, uzimajući u obzir nivo predznanja svakog studenta ponaosob što na predavanjima nije ostvarivo. Zatim se pristupa sprovođenju eksperimenta. Po završetku istog studenti se bave obradom dobijenih rezultata, koja uključuje razna numerička izračunavanja, među kojima i izračunavanje grešaka pri merenju različitih veličina, kao i grafičku obradu rezultata.

Kao finale svake eksperimentalne vežbe studenti dobijene i obrađene rezultate prikazuju u vidu izveštaja koji se takođe evaluira.

Uzimajući sve ovo u obzir laboratorija nudi mnogo više od učenja o samom fizičkom fenomenu i njegovog razumevanja. Upravo su laboratorijske vežbe idealne za implementiranje modernih stilova učenja, pre svega različitih vidova aktivnog učenja. Aktivnosti studenata kao što su promena parametara ili predlaganje novog podešavanja povećavaju uticaj laboratorija na sticanje znanja i imaju pozitivan efekat na učenje. Takođe ograničavajući faktor u unapređivanju laboratorijskog rada često predstavlja nabavka novih aparatura koja zahteva ulaganje novčanih sredstava i zato nije uvek ostvariva. Stoga se neke pojave ispituju simulacijama koje zahtevaju da se napiše ili konkretnoj potrebi prilagodi već postojeći kod. Studentima se u laboratoriji pruža mogućnost da pored stvarnog eksperimenta koji je ključan kao naučni metod iskuse i sledeće: formulisanje hipoteze, dizajniranje eksperimenta za potvrdu ili poricanje hipoteze, sprovođenje eksperimenta za prikupljanje podataka i analiziranje dobijenih rezultata. Stavljanjem studenata u centar ovakvog ispitivanja pruža im se mogućnost da ovladaju veštinama koje su im potrebne i u raznim vidovima inženjerskog ispitivanja.

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu iznetog može se zaključiti da između fizike i inženjerstva postoji neraskidiva veza. Neki od važnih doprinosa nastave fizike u inženjerskom obrazovanju su:

- Fizika pruža mogućnost sticanja veština važnih i za profesionalni razvoj u ranoj fazi inženjerskog obrazovanja budući da se predaje na prvoj godini studija. Studenti su motivisani i naučeni da se fokusiraju na analizu problema i njihovo rešavanje.
- Sprovođenjem procesa merenja studenti se upoznaju sa neizbežnom nesigurnošću i shvataju važnu ulogu koju nesigurnost ima u svakom merenju.
- Kontinuirani razvoj tehnologije dovodi do evolucije laboratorija, ali veštine analize podataka i priprema odgovarajućih izveštaja koje su neizostavni deo svakog eksperimenta koji ispituje neki fizički fenomen predstavljaju ključne inženjerske veštine.
- Pozitivan uticaj u procesu učenja postiže se motivisanjem studenata da ne samo menjaju neke parametre u postojećoj postavci eksperimenta, nego da i sami predlažu novu postavku istog.
- Razvoj softverskih alata omogućava da se ilustruju neke praktične primene osnovnih fizičkih zakona čineći ih manje apstraktnim i lakšim za savladati.
- Sveprisutna upotreba interneta stvara uslove da se kroz najrazličitije multimedijalne alate prezentuju fundamentalni prirodni zakoni.

Ostaje otvoreno pitanje šta još nije urađeno i šta treba uraditi kako bi se neupitna sinergija fizike i inženjerstva oplemenila.

5. ZAHVALNICA

Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija kroz projekat broj 451-03-47/2023-01/200156 "Inovativna naučna i umetnička istraživanja iz domena delatnosti FTN-a".

6. LITERATURA

- [1] W.S. Franklin, *The teaching of physics to engineering students*, Trans. AIEE 1903., 22, 561-566.
- [2] Educational Committee, American Physical Society, *The teaching of Physics, with Especial Reference to the Teaching of Physics to Students of Engineering*, Educational Committee, American Physical Society: College Park MD, USA, 1922.
- [3] J. Tiili and S. Suhonen, *Physics lab as learning environment for important engineering skills*, In Proceedings of the 10th PTEE 2019, Physics Teaching in Engineering Education Conference, Delft, The Netherlands, 23–24 May 2019.
- [4] European Network for Engineering Accreditation. *EUR-ACE Framework Standards and Guidelines*, European Network for Engineering Accreditation: Brussels, Belgium, 2015.
- [5] H. Petroski, *The Essential Engineer: Why Science Alone Will Not Solve Our Global Problems*, Knopf: New York, NY, USA, 2010.
- [6] J. Zalewski, G. Novak and R.E. Carlson, *An overview of Teaching Physics for Undergraduates in Engineering Environments*, Education Sciences, 2019.
- [7] D. Kokotsaki, V. Menzies and A. Wiggins, *Project-based learning: A review of the literature*, Improving Schools, 2016.
- [8] Selena Samardžić, Ivana Lončarević, Aleksandra Sitarević, Robert Lakatoš, Aleksandra Mihailović, *Perspektiva učenja na daljinu kroz iskustva studenata Fakulteta tehničkih nauka, XXIX Skup Trendovi Razvoja – Univerzitet pred novim izazovima, Vrnjačka banja 08.-11.02.2023.*