

Izvorni znanstveni rad

Primljen: 23. veljače 2023.
Prihvaćen: 24. svibnja 2023.

dr. sc. Mirko Marušić, viši predavač

Sveučilište u Splitu
Kemijско-tehnološki fakultet u Splitu
rmmarusic@ktf-split.hr
<https://orcid.org/0000-0002-1461-4228>

doc. dr. sc. Irena Mišurac

Sveučilište u Splitu
Filozofski fakultet
irena@ffst.hr
<https://orcid.org/0000-0002-7197-1782>

STUPANJ RAZUMIJEVANJA NEWTONOVE MEHANIKE KOD BUDUĆIH STUDENATA

Sažetak: Ovaj rad predstavlja rezultate šestogodišnjeg projekta čiji je jedan od ciljeva bio promotriti s kojim konceptualnim razumijevanjem Newtonove mehanike učenici upisuju preddiplomske studije na kojima od početka studiraju fizikalne kolegije. Kao primjer takvih studijskih programa, istraživanjem je obuhvaćeno 977 studenata prve godine sveučilišnih studija: Farmacija ($N = 152$); Kemija i kemijska tehnologija ($N=563$); Prehrambena tehnologija ($N=123$) i stručnog studija Zaštita i uporaba materijala ($N=139$). Mjerni instrument korišten za procjenu studentskoga stupnja znanja Newtonove mehanike je Force Concept Inventory (FCI test). Kod svih nastavnih programa promatranih preddiplomskih studija fizikalni kolegiji temeljni su kolegiji i stoga zahtijevaju značajan angažman i studentsko znanje kako bi se uspješno savladali. Rezultati pokazuju da upisani studenti na promatrane studije dolaze s izuzetno slabim znanjem Newtonove mehanike. Kod studenata preddiplomskog studija Farmacija 9,9 % studenata je na razini newtonovskog razmišljanja; kod preddiplomskog studija Kemija i kemijska tehnologija njih 0,9 %, kod preddiplomskog studija Prehrambena tehnologija 4 %, a kod preddiplomskog stručnog studija Zaštita i uporaba materijala nema upisanih studenata koji su usvojili Newtonovu mehaniku. Ovi rezultati ukazuju na značajne probleme u srednjoškolskoj nastavi fizike i probleme u kvalitetnom savladavanju gradiva fizikalnih kolegija na promatranim studijima.

Ključne riječi: brucoši, FCI test, fizika, konceptualno razumijevanje, Newtonova mehanika

UVOD

Današnji studenti znatno se razlikuju od studenata posljednjih desetljeća 20. stoljeća. Zbog napretka tehnologije informacije su postale dostupnije i raširenije. Učenici traže brze odgovore na postavljene probleme te im je pažnju vrlo jednostavno skrenuti na nešto drugo. Između ostalog, i zbog ovog razloga tradicionalna metoda učenja manje je učinkovita u odnosu na aktivne metode učenja.

Već dugi niz godina tradicionalna metoda poučavanja najčešći je oblik poučavanja za koji je sredinom prošlog stoljeća utvrđeno da ne pridonosi izgradnji kvalitetne prirodoznanstvene pismenosti. Potaknuti ovom činjenicom nastavnici uvode nove metode poučavanja prirodoznanstvenih predmeta, među kojima je i fizika. Potrebu za novim načinom poučavanja prvi ističe švicarski psiholog Jean Piaget, koji iznosi teoriju kognitivnog razvoja. U toj teoriji važna uloga dana je razvoju učeničkih intuitivnih ideja, kao i konstruktivne uloge svijesti pri stvaranju i tumačenju iskustava. Za objašnjavanje svoje teorije Jean Piaget vrlo često rabi zadatke s fizikalnim fenomenima (Krsnik, 2008). Piagetova teorija najvažniju ulogu pridružuje mentalnoj strukturi. Ona definira cijelo čovjekovo znanje i ponašanje. Postoje dva procesa u razvoju mentalne strukture. To su asimilacija i akomodacija (Krsnik, 2008). Asimilacija je proces u kojem osoba usvaja informacije, ne mijenjajući značajno vlastitu mentalnu strukturu. S druge strane, akomodaciju karakterizira proces uspostave ravnotežnog stanja kroz prestrukturiranje i nadogradnju mentalne strukture. Samoregulacijom se naziva cjelovit proces mijenjanja mentalne strukture, koji obuhvaća i asimilaciju i akomodaciju.

Prema Piagetovu modelu kognitivnoga razvoja učenici prolaze kroz različite faze razvoja dok ne ostvare najvišu razinu znanstvenoga razmišljanja, formalno-operativno razmišljanje (Renner i Lawson, 1973). U dobi između 6 i 11 godina učenici dolaze do razine konkretno-operativne aktivnosti (Lawson (1995) je naziva „empirijsko-induktivna“). U toj fazi učenici mogu klasificirati objekte i razumjeti očuvanje (broja, težine te kontinuiranih veličina), ali oni još uvijek nisu u stanju hipotetički razmišljati (Inhelder i Piaget, 1958). Učenici su sposobni hipotetički razmišljati u posljednjoj fazi razvoja razmišljanja, formalno-operativnom zaključivanju (Lawson (1995) ga naziva „hipotetski-deduktivno“). Tek tada mogu izolirati i kontrolirati varijable i modele njihova međudnosa, na primjer, proporcionalno razmišljanje (Lawson, 2000). Prema Piagetu, učenici trebaju doći do ove faze u dobi između 11 i 15 godina. No, mnogi su istraživači pokazali da veliki broj srednjoškolaca i studenata nije dostigao razinu formalnih operacija (Marušić i Sliško, 2012). Na primjer, Arons i Karplus (1976) navode dokaze koji pokazuju da samo jedna trećina populacije u SAD-u u dobi od 13 do 15 godina dostiže formalno-operativnu razinu razmišljanja. Većina se učenika nalazi na konkretno operativnoj ili tranzicijskoj fazi razmišljanja, tj. djelomično je

sposobna za formalno-operativna razmišljanja. U drugim studijama, s naglaskom na studente fizike, dobiveni su slični rezultati (Cohen i sur., 1978; Lawson i Renner, 1974). U svojoj studiji Maloney (1981) je pokazao da su u temeljnim fizikalnim tečajevima za znanstvene smjerove na Sveučilištu u Creightonu dvije trećine učenika na razini formalnog razmišljanja, dok u tečajevima fizike, koji se uče u okviru smjerova znanosti obrazovanja i zdravstva, jedva trećina studenata dostiže tu razinu. Ovo je shvatljivo s obzirom na to da je fizika konceptualno teža od znanosti obrazovanja i zdravstva pa je izboru studenti koji su prethodno ostvarili viši kognitivni razvoj. S druge strane, opsežna istraživanja provedena na reprezentativnom uzorku od 10 000 učenika u dobi od 10 i 16 godina pokazala su da je razvoj ranog formalnog razmišljanja ostvaren kod maksimalno 20 % učenika. Nadalje, podatci također pokazuju da se većina njihova razvoja dogodila već u dobi od 14,5 godina (Shayer i Wylam, 1978).

Formalno učenje fizike u Republici Hrvatskoj počinje u 7. razredu osnovne škole. U toj dobi učenici često imaju izgrađene koncepte o fizikalnim fenomenima i svijetu koji ih okružuje. Karakteristika je tih koncepata da su znanstveno netočni zbog čega se nazivaju pretkonceptijama. Zbog jednostavnosti i razumljivosti pretkonceptija vezanih za fizikalne fenomene događa se da ih učenici teško napuštaju, što otežava ostvarivanje kvalitetne nastave fizike (Krsnik, 2008).

Glavni cilj kvalitetne nastave je stavljanje pretkonceptija u fokus te kreiranje nastavnih aktivnosti koje će nastojati izmijeniti pretkonceptije u ispravne znanstvene koncepte. Tradicionalna nastava ne uzima u obzir ovaj zahtjev. Često i sami nastavnici imaju pretkonceptije koje ne znaju transformirati u ispravne koncepte. Jedan je od najboljih načina otkrivanja učeničkih pretkonceptija razgovor nastavnika s učenicima. Porijeklo, učestalost i otpornost same pretkonceptije određuje način i metodu njene promjene u ispravni znanstveni koncept.

Uvodeći teško razumljive fizikalne koncepte i teorije kroz tradicionalnu nastavu, učenici neće napustiti vlastite pretkonceptije koje su njima i razumljivije i jasnije. S druge strane, tijekom aktivnog učenja lakše je ispraviti učeničke pretkonceptije. Takvo učenje uključuje primjenu ispravnih fizikalnih koncepata na realne probleme. U tom procesu nastavnik usmjerava učenike prema ispravnim konceptima, a učenici kroz suradnju i samostalan rad dolaze do pronalaska rješenja problemskih situacija pri čemu dolazi do usvajanja ispravnih koncepata.

U samim početcima edukacijska istraživanja uključivala su testove s pitanjima otvorenog tipa i intervjuje. Iako je analiza podataka ovih testova bila veoma teška i složena pokazano je da su, bez obzira na porijeklo, dob i stupanj obrazovanja, učeničke pretkonceptije o nekim fizikalnim pojavama veoma slične. To je navelo istraživače da izgrade nove testove koji su sadržavali ponuđene odgovore tj. pretkonceptije određene prethodnim istraživanjima. Poznati su konceptualni testovi na polju fizike iz:

- mehanike: Force Concept Inventory (FCI) (Hestenes i sur., 1992), Mechanics Diagnostics Test (MDT) (Halloun i Hestenes, 1985), Mechanics Baseline Test (MBT) (Hestenes i Wells, 1992), Test of Understanding Graphs in Kinematics (TUG-K) (Beichner, 1994);
- elektromagnetizma: Conceptual Survey in Electricity i Magnetism (CSEM) (Maloney i sur., 2001),
- valova: Wave Concept Inventory (WCI) (Roedel i sur., 1998);
- strujnih krugova: Determining and Interpreting Resistive Electric Circuits Concepts Test (DIRECT) (Engelhardt i Beichner, 2004) i dr.

Mehanika je temeljno područje fizike, stoga u ovom području postoji najviše konceptualnih testova koji imaju za cilj identificirati učeničke pretkonceptije. Razumijevanje mehanike uvjet je za razumijevanje i drugih područja fizike temeljenih na mehanici. Zbog toga je izrazito važno istražiti učeničke pretkonceptije te ih ispraviti u ispravne znanstvene koncepte.

Trenutno je FCI najpouzdaniji i najkorisniji test koji pokazuje učinkovitost nastavne metode koja se koristi na kolegijima opće fizike. Heller i Huffman (1995) sugeriraju da rezultat od 60 % na FCI testu odgovara pragu Newtonova razmišljanja. Za učenike s rezultatima nižim od 60 % smatra se da u svojim odgovorima uglavnom koriste prednewtonovske ideje, dok su oni s rezultatima od 85 % i više usvojili Newtonove zakone (Planinić i sur., 2010).

Inspiriran istraživanjem i rezultatima Hellera i Huffmana (1995), Hake (1998) usporedio je FCI rezultate učenika koji su pohađali kolegije fizike kod različitih nastavnika. Zaključio je da je, bez obzira na to tko je bio nastavnik, poučavanje tradicionalnom metodom učenja rezultiralo sličnim rezultatom prije i nakon testiranja te dvostruko manjom učinkovitošću u razvoju konceptualnog razumijevanja nego kada su se koristile aktivne metode učenja. Štoviše, FCI test bio je ključ velike reforme nastave koja se dogodila u fizici u posljednjih dvadesetak godina. Koristi se diljem svijeta i značajno je pridonio razvoju drugih konceptualnih testova u fizici i drugim STEM disciplinama (Sands i sur., 2018.).

U ovom radu analizirani su rezultati ulaznih FCI testova za studente triju preddiplomskih sveučilišnih studija i jednoga preddiplomskoga stručnoga studija na Kemijsko-tehnološkom fakultetu u Splitu.

O SVEUČILIŠNIM STUDIJIMA

Ovo šestogodišnje istraživanje provedeno je na tri preddiplomska studija i jednom stručnom studiju na kojima se od prvog semestra studiraju fizikalni kolegiji. To su: preddiplomski studij Farmacija; preddiplomski sveučilišni studij Kemija i kemijska tehnologija; preddiplomski studij Prehrambena tehnologija i stručni studij Zaštita i uporaba materijala.

Svi studiji izvode se na Kemijsko-tehnološkom fakultetu Sveučilišta u Splitu u Republici Hrvatskoj. Osnovne informacije o studijama nalaze se u tablici 1.

Tablica 1.

O preddiplomskim sveučilišnim i stručnim studijima

Integrirani studij Farmacija	
Nositelj studijskog programa	Kemijsko-tehnološki fakultet i Medicinski fakultet
Akademski/stručni naziv koji se stječe završetkom studija	Magistar farmacije
Trajanje studijskog programa	5 godina (10 semestara)
Minimalni broj ECTS bodova potreban za završetak studija	300
Uvjeti za upis i pristupni postupak	Završena četverogodišnja srednja škola i srednja matura
Preddiplomski studij Kemija i kemijska tehnologija	
Nositelj studijskog programa	Kemijsko-tehnološki fakultet
Akademski/stručni naziv koji se stječe završetkom studija	Sveučilišni prvostupnik kemije i kemijskog inženjerstva
Trajanje studijskog programa	3 godine (6 semestara)
Minimalni broj ECTS bodova potreban za završetak studija	180
Uvjeti za upis i pristupni postupak	Završena četverogodišnja srednja škola i srednja matura
Preddiplomski studij Prehrambena tehnologija	
Nositelj studijskog programa	Kemijsko-tehnološki fakultet
Akademski/stručni naziv koji se stječe završetkom studija	Diplomirani inženjer prehrambene tehnologije
Trajanje studijskog programa	3 godine (6 semestara)
Minimalni broj ECTS bodova potreban za završetak studija	180
Uvjeti za upis i pristupni postupak	Završena četverogodišnja srednja škola i srednja matura
Preddiplomski stručni studij Zaštita i uporaba materijala	
Nositelj studijskog programa	Kemijsko-tehnološki fakultet
Akademski/stručni naziv koji se stječe završetkom studija	Stručni prvostupnik kemijskog inženjerstva

Tablica 1. (nastavak)

Preddiplomski stručni studij Zaštita i uporaba materijala	
Trajanje studijskog programa	3 godine (6 semestara)
Minimalni broj ECTS bodova potreban za završetak studija	180
Uvjeti za upis i pristupni postupak	Završena četverogodišnja srednja škola i srednja matura

Integrirani studij Farmacija

Integrirani studij farmacije traje pet godina i završava obranom diplomskoga rada kojim studenti stječu akademski naziv magistra farmacije.

Nakon završenoga studija farmacije student može nastaviti studij na poslijediplomskom studiju u trajanju od 3 godine (180 bodova) iz područja biomedicine i zdravstvene njege. Studenti se također mogu odlučiti za nastavak poslijediplomskog obrazovanja u drugom srodnom području pod uvjetom da mogu zadovoljiti individualne zahtjeve studija.

Preddiplomski studij Kemija i kemijska tehnologija

Po završetku sveučilišnog preddiplomskog studija studenti stječu akademski naziv sveučilišnog prvostupnika kemije i kemijskog inženjerstva te mogu nastaviti svoje školovanje na sveučilišnim diplomskim studijima Kemijsko-tehnološkog fakulteta ili na drugim sveučilišnim diplomskim studijima srodnih fakulteta.

Svi programi ovoga studija temelje se na znanstvenim spoznajama iz znanstvenih polja kemije i kemijskog inženjerstva, što značajno pridonosi suvremenom obrazovanju mladog naraštaja.

Preddiplomski studij Prehrambena tehnologija

Preddiplomski studij Prehrambene tehnologije obrazuje stručnjake koji završetkom studija stječu stručni naziv sveučilišni prvostupnik prehrambene tehnologije, što ih čini prepoznatljivim na tržištu rada. Odgovarajuće obrazovani kadrovi neophodan su preduvjet uspjeha na području prehrambene tehnologije.

Preddiplomski stručni studij Zaštita i uporaba materijala

Stručni prvostupnici, nakon završetka studija, osposobljeni su uključiti se u rješavanje problema zbrinjavanja različitih otpadnih materijala te tako uravnotežiti odnos tehnološkog razvoja i okoliša.

Temeljni cilj i svrha studija jest razvijanje stručnih vještina neophodnih za što brže uključivanje u proces rada u različitim gospodarskim granama industrije, malog i srednjeg poduzetništva.

Fizikalni kolegiji na studijima

- a) Integrirani preddiplomski studij Farmacija
Fizika za farmaceute obvezni je predmet koji studenti slušaju na prvoj godini preddiplomskog studija. Ovaj kolegij temelj je u razvoju studentskog znanstvenog pogleda na svijet i povećanju vještine znanstvenog zaključivanja. Kolegij je organiziran kao intenzivni trodnevni kolegij koji se održava u siječnju. Kurikulum je predstavljen na https://www.ktf.unist.hr/images/stories/repozitorij/Nastava/IPDSF_2014_22_1.pdf
- b) Preddiplomski sveučilišni studij Kemija i kemijska tehnologija
Prema nastavnom planu i programu studenti preddiplomskog sveučilišnog studija Kemija i kemijska tehnologija slušaju obvezne kolegije fizike tijekom prvih dvaju semestara. U prvom semestru studenti slušaju kolegije Fizika 1 i Vježbe iz fizike 1. U drugom semestru slušaju kolegije Fizika 2 i Vježbe iz fizike 2. Nastavni planovi i programi svih kolegija fizike prikazani su na ovim mrežnim stranicama: <https://nastava.ktf-split.hr/studij.php?lang=hr&kod=PK>; <https://nastava.ktf-split.hr/studij.php?lang=hr&kod=PKT-KI>.
- c) Preddiplomski studij Prehrambena tehnologija i
- d) Preddiplomski stručni studij Zaštita i uporaba materijala
Studenti ovih dvaju studija zajedno slušaju predmet Fizika. Fizika je obvezni predmet koji studenti pohađaju na prvoj godini studija. Kolegij Fizika organizira se u prvom semestru preddiplomskog studija Prehrambena tehnologija i stručnog studija Zaštita i uporaba materijala. Kurikulum je predstavljen na <https://nastava.ktf-split.hr/studij.php?lang=hr&kod=PPT>
<https://nastava.ktf-split.hr/studij.php?lang=hr&kod=SZOM>

Najvažniji ciljevi svih prezentiranih fizikalnih kolegija mogu se svesti na sljedeće:

- razumijevanje fizikalnih fenomena i zakona te njihova primjena
- usvajanje teorijskih znanja iz klasične i moderne fizike
- ovladavanje znanstvenim pristupom pri eksperimentiranju u fizikalnom laboratoriju, koje uključuje mjerne metode i uporabu moderne mjerne opreme.

Svi promatrani kolegiji traže izrazitu aktivnost i predznanje studenata za njihovo uspješno savladavanje. Budući da je Newtonova mehanika temelj fizikalnog razmišljanja u mehanici, ali i u ostalim područjima fizike, nameće se sljedeće pitanje – S kojim znanjem mehanike brucoši dolaze na zahtjevne fizikalne kolegije prezentiranih preddiplomskih sveučilišnih i stručnih studija?

METODOLOGIJA

Cilj istraživanja

Cilj istraživanja bio je ispitati razinu znanja Newtonove mehanike kod budućih studenata kojima je znanje fizike preduvjet uspješnog studiranja.

Ispitanici

Istraživanje je obuhvatilo 977 studenata prve godine sveučilišnih studija: Farmacija (N = 152), Kemija i kemijska tehnologija (N = 563), Prehrambena tehnologija (N = 123), Zaštita i uporaba materijala (N = 139) (tablica 2).

Tablica 2 pokazuje da ne postoji statistički značajna razlika među studentima promatranih različitih studija u prosječnoj starosnoj dobi.

Prije samog testiranja FCI testom od ispitanika su se tražile informacije o završenoj srednjoj školi i programu fizike u toj školi. Ujedno, ispitanici su trebali dati informaciju o načinu učenja fizike u srednjoj školi: aktivno učenje ili tradicionalno učenje fizike. Ovi podaci dani su u odjeljku Rezultati.

Tablica 2.

Broj studenata i prosječna dob po akademskim godinama i promatranim preddiplomskim studijima

	2013./2014.	2014./2015.	2015./2016.	2016./2017.	2017./2018.	Σ
Integrirani preddiplomski studij Farmacija						
Broj studenata	30	31	31	30	30	152
Prosječna dob	19,1	18,9	19,3	19,4	19,1	19,2
	2014./2015.	2015./2016.	2016./2017.	2017./2018.	2018./2019.	Σ
Prediplomski sveučilišni studij Kemija i Kemijska tehnologija						
Broj studenata	118	112	113	108	113	563
Prosječna dob	19,3	19,1	19,4	19,2	19,1	19,3
Prediplomski studij Prehrambena tehnologija						
Broj studenata	24	24	24	24	27	123
Prosječna dob	19,1	18,9	19,3	19,4	19,1	19,2
Prediplomski stručni studij Zaštita i uporaba materijala						
Broj studenata	48	23	23	23	22	139
Prosječna dob	19,3	19,1	19,4	19,2	19,3	19,3

Mjerni instrument: The Force Concept Inventory (FCI)

Tablica 3.*Newtonovi koncepti po pitanjima FCI testa*

	Newtonovi koncepti	Pitanje
Kinematika	brzina odvojena od položaja	20
	ubrzanje odvojeno od brzine	21
	konstantno ubrzanje podrazumijeva	23, 24
	paraboličnu putanju	25
	promjena brzine	7
Prvi Newtonov zakon	vektorsko zbrajanje brzina	
	bez sile	4, 6, 10
	konstantan smjer brzine	26
	konstantna brzina	8, 27
Drugi Newtonov zakon	s poništavajućim silama	18, 28
	impulsna sila	6, 7
Treći Newtonov zakon	stalna sila podrazumijeva konstanta ubrzanja	24, 25
	za impulsne sile	2, 11
Princip superpozicije	za kontinuirane sile	13, 14
	vektorski zbroj	19
Vrste sila	poništanje sila	9, 18, 28
	čvrst pasivni kontakt	9, 12
	impulsna sila	15
	trenje se suprotstavlja gibanju	29
	kontakt s tekućinom otpor zraka	22
	uzgon (tlak zraka)	12
	gravitacija	5, 9, 12, 17, 18, 22
	ubrzanje neovisno o težini	1, 3
	parabolična putanja	16, 23

The Force Concept Inventory (FCI) test osmišljen je za procjenu studentskog konceptualnog razumijevanja Newtonove mehanike (Hestenes i sur., 1992) (tablica 3). Smatra se najpouzdanijim i dobro utvrđenim konceptualnim testom i učestalo se koristi za ocjenjivanje tečajeva fizike (Hake, 1998). Test se sastoji od 30 pitanja s višestrukim izborom na koja treba odgovoriti u 30 minuta. Svako pitanje nosi jedan bod, a maksimalni mogući broj bodova na testu je 30. Svako pitanje povezano je s jednom ili više konceptualnih pogrešaka kroz predložene odgovore. „Newtonov prag” smatra se dostignutim kada rezultat prijeđe 60 % točnih odgovora, tj. kada student ostvari 18 točnih odgovora.

Korištena verzija FCI testa (prevedena na hrvatski jezik) nalazi se na sljedećoj poveznici: https://www.talkphysics.org/wp-content/uploads/2015/07/fci-rv95_1.pdf.

Nakon testa studenti su obaviješteni o ostvarenom rezultatu. Također im je rečeno da se rezultati koriste samo za dijagnostiku i ne utječu na konačnu ocjenu iz fizikalnih kolegija.

Analiza podataka provedena je primjenom paketa IBM SPSS Statistics 22.0 (Armonk, New York). Wilcoxonov T-test korišten je za procjenu moguće statističke razlike. Ovaj statistički test je neparametarski test, a p vrijednost je utvrđena na 0,001 a priori.

REZULTATI I RASPRAVA

Osim informacija o srednjim školama iz kojih učenici dolaze na studije, zanimljivo je promotriti i podatke o programu fizike koji su imali te načinu učenja fizike (A – aktivno učenje, T – tradicionalna metoda učenja) (tablica 4). Ove informacije ispitani su dali prije samog testiranja FCI testom.

Tablica 4.

Škole iz kojih učenici dolaze na preddiplomske studije (0 – nastavni plan bez fizike; 1 – jednogodišnji program fizike; 2 – dvogodišnji program fizike; 3 – trogodišnji program fizike; 4 – četverogodišnji program fizike) i načini učenja fizike (A – aktivno učenje, T – tradicionalna metoda)

	Način učenja	Gimnazija (%)		Strukovna škola (%)				Σ
		2	4	0	1	2	3	
Integrirani preddiplomski studij Farmacija (N=152)	T	4	65	/	/	/	14	83
	A	0	14	/	/	/	3	17
	Σ	4	79				17	100
Preddiplomski sveučilišni studij Kemije i kemijske tehnologije (N=563)	T	/	51	2	3	11	17	84
	A	/	11	0	0	3	2	16
	Σ		62	2	3	14	19	100
Preddiplomski studij Prehrambena tehnologija (N=123)	T	/	45	4	1	19	18	87
	A	/	7	0	0	4	2	13
	Σ		52	4	1	23	20	100
Preddiplomski stručni studij Zaštita i uporaba materijala (N=139)	T	/	7	12	4	31	39	93
	A	/	0	0	0	5	2	7
	Σ		7	12	4	36	41	100

Na integrirani preddiplomski studij Farmacija studenti većinom dolaze iz gimnazija (83%): 4 % s dvogodišnjim i 79 % s četverogodišnjim programom fizike. Ovaj studij upisuje i 17 % učenika iz strukovnih škola koje imaju

trogodišnji program fizike. Aktivno učenje fizike u srednjoj školi koristilo je 17 % učenika (14 % iz gimnazija, 3 % iz strukovnih škola).

Na preddiplomski sveučilišni studij Kemija i kemijska tehnologija 62 % učenika dolazi iz četverogodišnjih gimnazija, dok 38 % stiže iz strukovnih škola i to 2 % bez učenja fizike, 3 % s jednogodišnjim programom, 14 % s dvogodišnjim i 19 % s trogodišnjim programom fizike. Aktivnu metodu učenja fizike primjenjivalo je 16 % učenika (11 % iz gimnazija, 5 % iz strukovnih škola).

Preddiplomski studij Prehrambena tehnologija upisuje 52 % gimnazijalaca s četverogodišnjim programom fizike te 48 % učenika sa završenom strukovnom školom (4 % program bez fizike, 1 % s jednogodišnjim, 23 % s dvogodišnjim i 20 % s trogodišnjim programom fizike). Aktivnu metodu učenja srednjoškolske fizike primjenjivalo je 13 % učenika (7 % iz gimnazija, 6 % iz strukovnih škola).

Tablica 5.

Prosječna riješenost (i standardna devijacija) FCI testa po promatranim preddiplomskim studijima

	N	FCI test (%)
Integrirani preddiplomski studij Farmacija	152	29,7 ± 10,7
Preddiplomski sveučilišni studij Kemija i kemijska tehnologija	563	23,9 ± 9,0
Preddiplomski studij Prehrambena tehnologija	123	21,1 ± 9,2
Preddiplomski stručni studij Zaštita i uporaba materijala	139	17,0 ± 8,7

Preddiplomski stručni studij Zaštita i uporaba materijala odabire 7 % učenika iz gimnazija, te 93 % učenika strukovnih škola i to: 12 % bez programa fizike, 4 % s jednogodišnjim, 31 % s dvogodišnjim i 39 % s trogodišnjim programom fizike. Od ovih upisanih studenata aktivno učenje fizike u srednjoj školi koristilo je samo 7 % učenika strukovnih škola.

Rezultati FCI testiranja bruoša svih promatranih studija prikazani su u tablici 5. Svi upisani studenti imaju na FCI testu prosječnu riješenost manju od 30 %. Najveći postotak riješenosti ostvaruju studenti Farmacije (29,7 %) što ne čudi jer se na ovaj studij upisuju učenici s maksimalnim brojem bodova iz srednje škole. Studenti Kemije i kemijske tehnologije ostvaruju 23,9 % riješenosti FCI testa dok studenti Prehrambene tehnologije imaju nešto manju riješenost od 21,1 %. Konačno, ne iznenađuje da su studenti stručnog studija Zaštita i uporaba materijala ostvarili najlošiju riješenost od 17,0 %.

Ovi rezultati ukazuju na veliki problem srednjoškolske nastave fizike i nedostatka metoda koje bi imale za cilj povećanje konceptualnog razumijevanja

Newtonove mehanike kao i povećanja znanstvenog načina razmišljanja. Sa sigurnošću se može zaključiti da je veoma mali broj bruceša prošao kroz neku od aktivnih metoda učenja srednjoškolske fizike koja bi zasigurno bila prepoznata kroz bolje rezultate na FCI testiranju.

U tablici 6 prikazana je ostvarena bodovna lista na FCI testu za promatrane studije. Sažeti prikaz podataka iz tablice 6 prikazan je u tablici 7 i na slici 1, koje prikazuju broj i postotak studenata pojedinog preddiplomskog studija ispod i iznad praga newtonovskog razmišljanja.

Vidljivo je da 9.9 % učenika koji upisuju studij Farmacija prelazi prag Newtonova razmišljanja. Kod studija Kemija i kemijska tehnologija samo 0.9 % studenata ostvaruje riješenost na FCI-testu od 60 %. Isto ostvaruje 4.4 % učenika koji upisuju studij Prehrambena tehnologija. Ni jedan od studenata koji upisuju stručni studij Zaštita i uporaba materijala nije prešao Newtonov prag razmišljanja.

Tablica 6.

Broj studenata koji su ostvarili pojedini broj bodova na FCI testu za promatrane preddiplomske studije. Broj i postotak studenata pojedinog preddiplomskog studija ispod i iznad praga newtonovskog razmišljanja

OSTVARENI BROJ BODOVA	Farmacija N=152	Kemija i kemijska tehnologija N=563	Prehrambena tehnologija N=123	Zaštita i oporaba materijala N=139
0	0	0	0	0
1	0	5	0	2
2	0	17	10	8
3	5	38	16	6
4	9	57	14	25
5	25	95	12	32
6	26	62	10	27
7	9	65	16	9
8	15	70	9	13
9	11	54	7	4
10	10	34	6	4
11	5	16	5	5
12	4	10	4	4
13	3	3	3	0
14	4	7	1	0

15	2	6	3	0
----	---	---	---	---

Tablica 6. (nastavak)

OSTVARENI BROJ BODOVA	Farmacija N=152	Kemija i kemijska tehnologija N=563	Prehrambena tehnologija N=123	Zaštita i oporaba materijala N=139
16	5	5	1	0
17	4	5	1	0
0-17	137 (90,1 %)	549 (99,1 %)	118 (96 %)	139 (100 %)
18	6	4	2	0
19	4	5	0	0
20	3	2	1	0
21	2	2	2	0
22	0	1	0	0
23	0	0	0	0
24	0	0	0	0
25	0	0	0	0
26	0	0	0	0
27	0	0	0	0
28	0	0	0	0
29	0	0	0	0
30	0	0	0	0
18-30	15 (9,9 %)	14 (0,9 %)	5 (4 %)	0 (0 %)

Tablica 7.

Broj i postotak studenata pojedinog preddiplomskog studija ispod i iznad praga newtonovskog razmišljanja

FCI -TEST	Farmacija		Kemija i kemijska tehnologija		Prehrambena tehnologija		Zaštita i oporaba materijala	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Σ	152	100	563	100	123	100	139	100
0 – 17	137	90.1	549	99.1	118	96	139	100
18 - 30	15	9,9	14	0,9	5	4,0	0	0,0

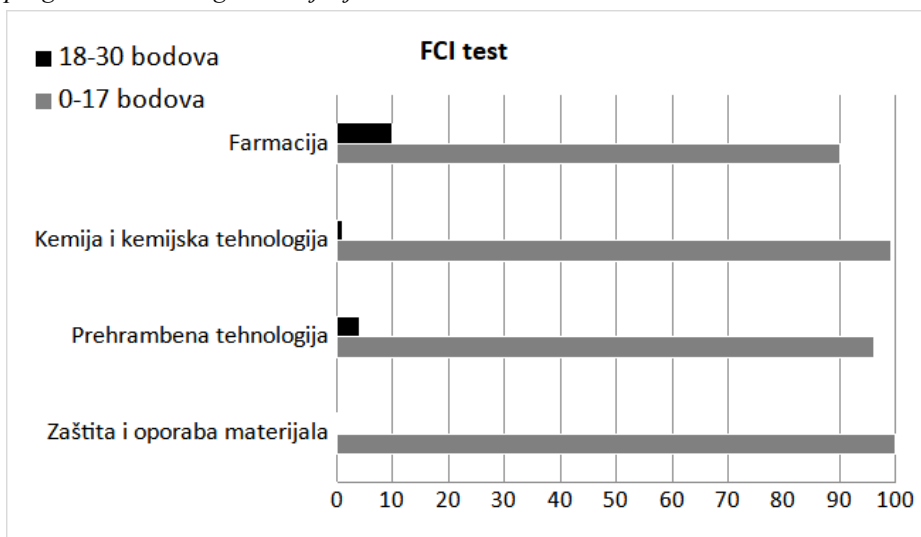
Potrebno je naglasiti da studenti svih promatranih studija koji su prešli Newtonov prag dolaze na studije iz gimnazija koje su imale četverogodišnji

program fizike. To upućuje na činjenicu koja kaže da je potrebno znatno dugo vremena kako bi se Newtonovi koncepti implementirali u način razmišljanja pri rješavanju problema iz mehanike. Stoga četverogodišnji program srednjoškolske fizike, uz aktivan način učenja, može biti dobar put k ostvarivanju što većeg postotka učenika koji će usvojiti Newtonovu mehaniku.

Poznato je da mehanika nudi fizikalne koncepte koji su presudni za razumijevanje drugih prirodosnanstvenih područja. Vrlo je vjerojatno da će učenik koji ima pretkonceptije u području mehanika imati pretkonceptije i u drugim područjima fizike. Još uvijek dominira predavačka – tradicionalna nastava fizike što usporava promjenu učeničkih pretkonceptija. Iako učenici posjeduju formalna matematička znanja, problemi u razumijevanju znanstvenih fizikalnih koncepata ostaju prisutni na predavačkoj nastavi. Učenička iskustva s realnim svijetom koja donose na nastavu nisu kompatibilna s onim što se uči na predavačkoj nastavi.

Slika 1.

Grafički prikaz postotaka studenata pojedinog preddiplomskog studija ispod i iznad praga newtonovskog razmišljanja



Jedan od ciljeva svakog fizikalnog kolegija jest eliminirati zablude, poboljšati razumijevanje temeljnih koncepata i razviti proceduralno znanje. Posljednjih četrdeset godina kontinuirano se provode istraživanja u području obrazovanja iz fizike u cilju unaprjeđenja same nastave i nastave fizike. Ukazalo se na postojanje zabluda koje ne nestaju nakon pohađanja fizikalnih kolegija s tradicionalnim načinom nastave. Stoga je potrebno promijeniti način održavanja

predavanja. Svim aktivnim metodama nastave fizike zajednička je naglašena interakcija student – nastavnik te student – student. Tijekom aktivnog učenja fizike učenici uče uvažavati tuđe mišljenje čime izgrađuju sposobnost rada u timu. Ove aktivnosti dolaze do izražaja tijekom izvođenja pokusa, mjerenja, obrade podataka, prezentiranja različitih ideja, rasprave i kritičke prosudbe. (MZO, 2019)

U osnovnoj školi fizika se uči u sedmom i osmom razredu (dva sata tjedno). Svi gimnazijski programi uključuju učenje fizike koje može biti četverogodišnji program (dva ili tri sata tjedno) ili dvogodišnji program fizike (dva sata tjedno). Veliki dio strukovnih škola nema u svom kurikulumu predmet fizika. Strukovne škole koje imaju nastavu fizike, rade po vrlo različitim programima koji se mogu pronaći u dokumentima Ministarstva znanosti i obrazovanja. (MZO, 2019)

„Osim poticanja interesa za fiziku i stjecanja temeljnih znanja potrebnih za razumijevanje fizičkih fenomena i zakona te razvoja komunikacijskih vještina prilikom razmjene ideja i rezultata, odgojno-obrazovni ciljevi predmeta Fizika jesu i razvoj znanstveno-istraživačkog pristupa, razvoj kritičko-logičnog razmišljanja, razvoj vještina pri korištenju matematičkih i računalnih alata te razvoj vještina rješavanja problema i vrednovanja rezultata.“ (MZO, 2019)

Imajući na umu službene „pogled“ na predmet Fizika te promatrajući prezentirane rezultate, postavlja se važno pitanje: Koliko su učenici usvojili temeljne karakteristike predmeta Fizika te kakva znanja, sposobnosti i iskustva donose na studije? Trebalo bi temeljitije mijenjati nastavu predmeta Fizika u srednjim školama uvodeći aktivne metode učenja s ciljem poboljšanja razumijevanja temeljnih fizikalnih koncepata i moguće kvalitetnije pripreme učenika za buduće studije.

ZAKLJUČAK

U ovoj je studiji promatrano ulazno studentsko konceptualno razumijevanje Newtonove mehanike koje je mjereno pomoću FCI testa. Istraživanje je trajalo šest akademskih godina i provedeno je na uzorku od 977 studenata triju preddiplomskih sveučilišnih i jednog preddiplomskog stručnog studija: preddiplomskog sveučilišnog studija Farmacija; preddiplomskog sveučilišnog studija Kemija i kemijska tehnologija; preddiplomskog studija Prehrambena tehnologija i preddiplomskog stručnog studija Zaštita i uporaba materijala.

Rezultati istraživanja potvrdili su činjenicu da studenti dolaze na promatrane studije s izrazito lošim znanjem Newtonove mehanike. Iako najbolji rezultat ostvaruju studenti Farmacije, njih samo 9,9 % prelazi Newtonov prag razmišljanja. S druge strane, nitko od studenata upisanih na preddiplomski stručni studij Zaštita i uporaba materijala nije prešao Newtonov prag. Ovo

je vrlo veliki problem jer su fizikalni kolegiji na promatranim studijima vrlo zahtjevni i često služe kao filter za nastavak studija.

Ipak, potrebno je naglasiti da su svi studenti ovih promatranih studija koji su ostvarili riješenost FCI testa više od 60 % sudjelovali u aktivnom učenju fizike u srednjoj školi, odnosno gimnaziji s četverogodišnjim programom fizike. Rezultati ukazuju na potrebu za mnogo boljim konceptualnim znanjima i vještinama koje bi trebalo razviti kroz srednjoškolsko obrazovanje, što bi mogao biti temelj za buduća istraživanja. S druge strane, rezultati nude i obvezu organiziranja učenja fizikalnih kolegija na sveučilišnoj razini kroz aktivne metode učenja.

LITERATURA

- Arons, A. B. i Karplus, R. (1976). Implications of accumulating data on levels of intellectual development. *American Journal of Physics*, 44(4), 396–396. <https://doi.org/10.1119/1.10452>
- Beichner, R. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics*, 62(8), 750–762. <https://doi.org/10.1119/1.17449>
- Cohen, H. D., Hillman, D. F. i Agne, R. M. (1978). Cognitive level and college physics achievement. *American Journal of Physics*, 46(10), 1026–1029. <https://doi.org/10.1119/1.11422>
- Ding, L. i Beichner, R. (2009). Approaches to data analysis of multiple-choice questions, *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 5(2), 020103-1-17. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.5.020103>
- Doran, R. (1980). *Basic Measurement and Evaluation of Science Instruction*. National Science Teachers Association. Washington.
- Engelhardt, P. i Beichner, R. (2004). Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. *American Journal of Physics*, 72(1), 98–115. <https://doi.org/10.48550/arXiv.physics/0304040>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66 (1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Halloun, I. i Hestenes, D. (1985). The Initial Knowledge State of College Physics Students. *American Journal of Physics*, 53(11), 1043–1055. <https://doi.org/10.1119/1.14030>
- Hasan, S., Bagayoko, D. i Kelley, E. (1999). Misconceptions and the Certainty of Response Indeks (CRI). *Physics Education*, 34(5), 294–299. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/34/5/304>
- Heller, P. i Huffman, D. (1995). Interpreting the force concept inventory: A reply to Hestenes and Halloun. *The Physics Teacher*, 33(8), 503–511. <https://doi.org/10.1119/1.2344279>
- Hestenes, D. i Wells, M. (1992). A Mechanics Baseline Test. *The Physics Teacher*, 30(3), 159. <https://doi.org/10.1119/1.2343498>
- Hestenes, D., Wells, M. i Swackhamer, G. (1992). *Force concept inventory*, *The Physics Teacher*, 30(3), 141–158. <https://doi.org/10.1119/1.2343497>
- Inhelder, B. i Piaget, J. (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence: An essay on the construction of formal operational structures*. Basic Books.
- Krsnik, R. (2008). *Suvremene ideje u metodici nastave fizike*. Školska knjiga.
- Kuder, G. F. i Richardson, M. W. (1937). The theory of the estimation of test reliability. *Psychometrika*, 2, 151–160. <http://doi.org/10.1007/BF02288391>
- Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Wadsworth.

- Lawson, A. E. (2000). The generality of hypothetico—deductive reasoning: Making scientific thinking explicit. *American Biology Teacher*, 62(7), 482–495. <https://doi.org/10.2307/4450956>
- Lawson, A. E. i Renner, J. W. (1974). A quantitative analysis of responses to Piagetian tasks and its implications for curriculum. *Science Education*, 58(4), 545–559. <https://doi.org/10.1002/SCE.3730580415>
- Maloney, D. P. (1981). Comparative reasoning abilities of college students. *American Journal of Physics*, 49(8), 784–786. <https://doi.org/10.1119/1.12676>
- Maloney, D., O’Kuma, T. L., Hieggelke, C. i Heuvelen A. V. (2001). Conceptual Survey in Electricity and Magnetism. *American Journal of Physics*, 69(S1), 12–23. <https://doi.org/10.1119/1.1371296>
- Marušić, M. i Sliško, J. (2012). Influence of Three Different Methods of Teaching Physics on the Gain in Students’ Development of Reasoning. *International Journal of Science Education*, 34 (2), 301–326. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.582522>
- McKinnon, J. W. i Renner, J. W. (1971). Are colleges concerned with intellectual development? *American Journal of Physics*, 39(9), 1047–1052. <https://doi.org/10.1119/1.1986367>
- Ministarstvo znanosti i obrazovanja (2019). *Odluka o donošenju kurikuluma za nastavni predmet Fizike za osnovne škole i gimnazije u Republici Hrvatskoj*. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_01_10_210.html (16.09.2021.)
- Pfundt, H. i Duit, R. (2006). *Bibliography. Students alternative frameworks and science education*. Institute for Science Education.
- Planinić M. (2005). *Komparativno istraživanje učeničkog razumijevanja nekih temeljnih koncepata u mehanici i elektromagnetizmu* [doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb]. <https://www.bib.irb.hr/218710>
- Planinić, M. (2006). Assessment of difficulties of some conceptual areas from electricity and magnetism using the Conceptual Survey of Electricity and Magnetism. *American Journal of Physics*, 74(12), 1143–1148. <https://doi.org/10.1119/1.2366733>
- Planinic, M., Ivanjek, L. i Susac A. (2010). Rasch model based analysis of the Force Concept Inventory. *Physical Review Physics Education Research*, 6(1), 010103-1-11. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.6.010103>
- Renner, J. W. i Lawson, A. E. (1973). Piagetian theory and instruction in physics. *The Physics Teacher*, 11(3), 165–169. <https://doi.org/10.1119/1.2349999>
- Roedel, R. J., El-Ghazaly, S., Rhoads, T. R. i El-Sharawy, E. (1998). The Wave Concepts Inventory—an assessment tool for courses in electromagnetic engineering. *FIE ‘98. 28th Annual Frontiers in Education Conference. Moving from ‘Teacher-Centered’ to ‘Learner-Centered’ Education. Conference Proceedings* (pp. 647–653). <https://doi.org/10.1109/FIE.1998.738761>

- Sands, D., Parker, M., Hedgeland, H., Jordan, S. i Galloway, R. (2018). Using concept inventories to measure understanding. *Higher Education Pedagogies*, 3(1), 173–182. <https://doi.org/10.1080/23752696.2018.1433546>
- Shayer, M. i Wylam, H. (1978). The distribution of Piagetian stages of thinking in British middle and secondary school children II: 14–16 year-olds and sex differentials. *British Journal of Educational Psychology*, 48, 62–70. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.1978.tb02370.x>
- Smith, T. I., Wittmann, M. C. i Carter, T. (2014). Applying model analysis to a resource-based analysis of the Force and Motion Conceptual Evaluation. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 10(2), 020102-1-17. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.10.020102>
- Van Heuvelen, A. i Etkina, E. (2006). *The Physics Active Learning Guide*. Addison Wewley.
- White R. i Gunstone, R. (1992). *Probing Understanding*. The Falmer Press.