

Utjecaj fizičkih praktikuma na učenje fizike

Tuškan, Karla

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:662184>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-06**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
FIZIČKI ODSJEK

Karla Tuškan

UTJECAJ FIZIČKIH PRAKTIKUMA NA
UČENJE FIZIKE

Diplomski rad

Zagreb, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
FIZIČKI ODSJEK

INTEGRIRANI PREDDIPLOMSKI I DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ
FIZIKA; SMJER: NASTAVNIČKI

Karla Tuškan

Diplomski rad

**Utjecaj fizičkih praktikuma na učenje
fizike**

Voditelj diplomskog rada: dr. sc. Katarina Jeličić, pred.

Ocjena diplomskog rada: _____

Povjerenstvo: 1. _____

2. _____

3. _____

Datum polaganja: _____

Zagreb, 2023.

Sažetak

Kroz zadnje desetljeće, istraživanja iz edukacije fizike ukazuju na to da konvencionalno organizirani praktikumu nemaju željeni učinak na znanje studenata. Zbog svojih detaljno pisanih koraka za izvođenje često se nazivaju i kuharicama za eksperimente, te kao takvi ne uključuju studente u proces aktivnog učenja. U sklopu rada predstavljeni su rezultati nekih istraživanja koja nude rješenje ovog problema u vidu istraživački usmjerenih praktikuma. Kako bi testirali je li moguće provesti isključivo istraživačku praktikumsku vježbu na fakultetu, osmislili smo vježbu na temu plinski zakoni te ju izveli u sklopu kolegija Praktikum iz eksperimentalne nastave fizike 2. Popratno smo proveli upitnik o zadovoljstvu studenata načinom izvođenja vježbe i o praktikumima koje su prethodno pohađali u sklopu svog obrazovanja. Rezultati ukazuju na prednost istraživački usmjerenog rada kao što su bolje razumijevanje vježbe, samostalnost u radu, poticanje motivacije itd.

Ključne riječi: konvencionalni praktikum, istraživački usmjeren praktikum, fizički praktikum, plinski zakoni

Influence of physics laboratories on learning physics

Abstract

Throughout the last decade, research in physics education indicates that conventionally organized laboratories do not have the desired effect on students' knowledge. Because of their detailed steps for execution, they are often called cookbooks for experiments, and as such do not involve students in an active learning process. In this paper, the results of some research that offer a solution to this problem in the form of inquiry – based laboratories are presented. To test whether it is possible to conduct an exclusively inquiry – based exercise for the laboratory, we designed an exercise on the topic of gas laws and conducted it as part of the course Laboratory for perspective physics teachers 2. In addition, students were given a questionnaire about their satisfaction with the way the exercise was carried out and with the faculty laboratories they had previously attended during their education. The results show the advantages of inquiry – based work such as better understanding of the exercise, work independence, motivational stimulation etc.

Keywords: conventionally organised laboratory, inquiry – based laboratory, physics laboratory, gas laws

Sadržaj

1	Uvod.....	1
2	Pregled literature	2
2.1	Konvencionalni praktikumi	2
2.2	Istraživački usmjereni praktikumi (engl. Inquiry – based labs).....	3
2.2.1	ISLE (Investigative Science Learning Environment).....	4
2.2.2	SQILabs (Structured quantitative inquiry labs).....	4
2.2.3	Organizacija online nastave na Sveučilištu u Beču	5
2.2.4	SGO – Scientific graphic organizer.....	6
2.3	Važnost praktikuma za buduće nastavnike fizike.....	7
2.4	Fizički praktikumi nastavnčkih smjerova fizike na našem fakultetu.....	9
3	Metodologija	11
3.1	Ispitanici i metoda rada.....	11
3.2	Rezultati i diskusija.....	13
3.2.1	Rezultati osmišljenih eksperimenata	13
3.2.2	Rezultati provedenih eksperimenata.....	17
3.2.3	Rezultati provedenog upitnika.....	20
3.2.3.1	Fizički praktikumi 1 i 2 (3 i 4 za smjer PF)	20
3.2.3.2	Praktikum iz eksperimentalne nastave fizike 1 i 2.....	23
3.2.3.3	Vježba plinski zakoni	27
4	Zaključak i implikacije za provođenje praktikumske nastave	31
	Literatura	33

1 Uvod

Rad u praktikumu je vrlo važan dio procesa učenja prirodoslovnih znanosti. Osim što pomaže studentima steći bolje razumijevanje pojava, koncepata, teorija i zakona, promovira i razvoj istraživačkog načina razmišljanja, praktičnih i eksperimentalnih vještina, pomaže u razvoju komunikacijskih i vještina timskog rada te potiče znatiželju i motivira studente na učenje prirodnih znanosti. Iako je važnost praktikumskog rada za učenje prirodnih znanosti već odavno prepoznata, njen potencijal još uvijek nije u potpunosti iskorišten.

Kroz zadnje desetljeće, istraživanja iz edukacije fizike ukazuju na to da uobičajeno organizirani fizički praktikumi ne daju željene rezultate [1-5]. Obično su organizirani tako da potkrepljuju sadržaj prethodno obrađen na predavanju, a sastoje se od niza detaljno napisanih uputa za izvršenje određenog zadatka. Zbog toga što zahtijevaju minimalnu kognitivnu aktivaciju studenata često ne produciraju željeni učinak na njihovo znanje. S druge strane, kada fizički praktikum nije organiziran kao klasična „kuharica“, nego se od studenata traži da samostalno osmisle eksperiment za određenu pojavu, raspravljaju o njemu s kolegama i nastavnicima, izmjenjuju i unaprjeđuju svoj postav te na kraju i samostalno provedu eksperiment, bilježe se pozitivni učinci na učenje studenata kroz više aspekata znanja.

U sklopu rada predstaviti ćemo rezultate prethodno provedenih znanstvenih istraživanja koja su ispitala utjecaj standardnih fizičkih praktikuma na studentsko znanje i razumijevanje fizike te prikazati kako oblikovati praktikumske zadatke za poticanje aktivnog procesa učenja kod studenata. Zanimalo nas je i kako se praktikumi održavaju na nastavničkim smjerovima fizike na našem fakultetu te ima li prostora za poboljšanje. Kako bi testirali je li moguće provesti isključivo istraživačku vježbu na kolegiju i koliko će studenti biti zadovoljni takvom provedbom, u sklopu rada proveli smo i jedan preoblikovani praktikumski zadatak na temu Plinski zakoni i izvijestili o procesu, mogućnostima i zapažanjima takvog načina održavanja. Vježba je provedena na kolegiju Praktikum iz eksperimentalne nastave fizike 2.

2 Pregled literature

2.1 Konvencionalni praktikumi

Neki od ciljeva fizičkih praktikuma su povezivanje teorijskog znanja s eksperimentalnim, samostalno korištenje mjernih uređaja, učenje o mjerenjima, pogreškama mjerenja i obradi podataka, razvoj komunikacijskih vještina i sudjelovanje u timskom radu [1]. No vode li ovi ciljevi nužno ka boljem razumijevanju fizičkog sadržaja? Na mnogim sveučilištima praktikumi su usklađeni s pratećim teorijskim kolegijem s pretpostavkom da će nakon rada u praktikumu studenti steći bolje razumijevanje prethodno obrađenog gradiva. Kako bi provjerili je li to doista tako, znanstvenici Holmes i Wieman [1] proveli su veliko istraživanje sa skoro 3000 studenata na američkim sveučilištima. Uspoređivali su rezultate završnih ispita iz fizike studenata koji su pohađali praktikume koji služi potkrepljivanju sadržaja pratećih kolegija (Mehanika 1 i 2, Elektromagnetizam) s rezultatima studenata koji nisu pohađali praktikume. Svi studeni pohađali su iste teorijske kolegije, no praktikum je bio izborni kolegij. Rezultati su pokazali da između ove dvije skupine studenata nema statistički značajne razlike u rezultatima ispita.

Kako bi doznali zašto praktikumi ne ispunjavaju svoje ciljeve, odlučili su pitati studente za mišljenje. Analizom intervjuja saznali su da za izvršavanje praktikumskih zadataka studenti ne moraju aktivno razmišljati, već je sve unaprijed odrađeno za njih. Određeno je koji eksperiment moraju raditi, što će, kako i čime mjeriti pa čak i koju vrijednost mjerenja očekivati. Drugim riječima, praktikumi se sastoje od niza detaljno pisanih uputa za izvršenje mjerenja i obradu podataka te kao takvi ne zahtijevaju od studenata mentalnu aktivaciju. Zbog toga se ovako organizirani praktikumi često nazivaju i kuharicama za eksperimente. [1]

Učinkovitost konvencionalnih praktikuma ispitana je u još jednom istraživanju na sveučilištu u Indoneziji. U istraživanju [3] je sudjelovalo ukupno 40 studenata, budućih nastavnika fizike, koji su prema godini pohađanja kolegija Osnove fizike i praktikuma bili raspodijeljeni u dvije skupine. Prva skupina su studenti koji su u vrijeme istraživanja pohađali, odnosno završavali, osnove fizike i praktikum, dok drugu skupinu čine studenti koji su godinu dana prije istraživanja završili iste. Studentima obje skupine je na ispunjavanje dan test osnovnih fizičkih koncepata kreiran kako bi ispitao kognitivne

sposobnosti, to jest neke od ishoda učenja prema revidiranoj Bloomovoj taksonomiji – znanje, razumijevanje, primjenu i analizu. Studenti prve skupine ostvarili su 60% na pitanjima znanja, 28% na razumijevanju, 30% na primjeni i 20% na analizi, dok su studenti druge skupine ostvarili 40% na znanju, 20% na razumijevanju, 19% na primjeni i 10% na analizi. Prva skupina test je riješila značajno bolje, no njeni rezultati također nisu zadovoljavajući, odnosno istraživanje je pokazalo da praktikumi organizirani kao klasične kuharice ne omogućuju studentima razvoj visoke razine kognitivnih sposobnosti. Ne potiču razvoj sposobnosti kritičkog razmišljanja, kreativnog mišljenja kao ni rješavanja problema. U sklopu testa nalazilo se i nekoliko pitanja otvorenog tipa u kojima se od studenata tražilo da izraze svoje mišljenje o praktikumu. Rezultati ukazuju na to da su kuharice restriktivne po pitanju poticanja kreativnosti i interesa, a većina studenata smatra i sam znanstveni postupak baziran na mjerenjima i analizi dosadnim. [3]

Iako istraživanja [1,3] ukazuju na brojne nedostatke konvencionalno organiziranih praktikuma, oni još uvijek imaju određene prednosti. Studentima koji se nikad prije nisu susreli s radom u praktikumu, kuharice svojim detaljno napisanim uputama omogućuju da steknu prvo iskustvo rada u praktikumu i nauče ispravno koristiti opremu i instrumente te se upoznaju s postupcima provođenja znanstvenih istraživanja. Takvo iskustvo stvara odličnu podlogu za kasnije samostalno istraživanje. Unatoč tome, autori obaju istraživanja slažu se u zaključku da kuharice trebaju postati stvar prošlosti, a novo organizirani praktikumi biti istraživački usmjereni. [3]

2.2 Istraživački usmjereni praktikumi (engl. *Inquiry – based labs*)

Najveća razlika konvencionalnih i istraživački usmjerenih praktikuma je u tome što istraživački usmjereni praktikumi potiču studente na samostalan rad. Donošenje odluka o metodi koja se koristi, eksperimentu koji se provodi, varijablama koje treba mjeriti i kako mjeriti, te analizi rezultata prepušteno je studentima. Voditelji praktikuma samo usmjeravaju studente postavljanjem skela (engl. *scaffolding*) [6] – alatom osmišljenim za pomoć u provođenju procesa učenja koji se uglavnom koristi za strukturiranje izazovnih procesa, a podrazumijeva [7] postavljanje pitanja za promišljanje i navođenje, rastavljanje dugih zadataka na više manjih, odabira i prilagodbe odgovarajuće aktivnosti, postavljanje

jasnih uloga i ciljeva, korištenje prikladnih tehnologija i opreme za bolje razumijevanje, itd. Istraživački usmjereni praktikumi imaju samo jedan osnovni cilj – naučiti studente kako da razmišljaju kao fizičari. Ostvarivanje ovog cilja vodi ka boljem razumijevanju pojava, koncepata, teorija i zakona, razvoju kritičkog i analitičkog razmišljanja te razvoju sposobnosti rješavanja problema [4]. Samostalnost u radu razvija kreativnost, samopouzdanje i motivira studente na daljnji rad. Neki od primjera dobrih i učinkovitih rješenja u organizaciji istraživački usmjerenih praktikuma nalaze se u poglavljima niže.

2.2.1 ISLE (Investigative Science Learning Environment)

ISLE je metoda izvođenja praktikuma koju je osmislila Eugenia Etkina [8] zajedno sa suradnicima na Sveučilištu Rutgers. U uvodnom dijelu ISLE praktikuma voditelj demonstrira određenu pojavu. Studenti zatim u skupinama osmišljaju moguća obrazloženja za viđenu pojavu, postavljaju hipoteze koje u sklopu nastave testiraju eksperimentima koje su samostalno osmislili te na temelju rezultata donose zaključke o svojim hipotezama. Proces je iterativan i zahtjeva dosta vremena. Svaka nova ideja mora se provjeriti, a test mora biti kreiran tako da izolira željeni efekt. Sve se odvija pod nadzorom voditelja praktikuma koji savjetuje studente i vodi raspravu. Ovim procesom studenti razvijaju sposobnosti kao što su pronalaženje kvalitativnih i kvantitativnih uzoraka u pojavama, osmišljanje više potencijalnih objašnjenja za istu pojavu, osmišljanje eksperimenata za testiranje hipoteza, usporedbe mjerenja, procjene pogreške itd.

2.2.2 SQILabs (Structured quantitative inquiry labs)

SQILabs metodu praktikuma osmislili su već spomenuti Holmes i Weiman u suradnji s Duglasom Bonnom [1]. Ova metoda podrazumijeva napuštanje standardnih praktikumskih ciljeva i umjesto nastoji naučiti studente kako da razmišljaju kao fizičari. Studenti na teorijskom kolegiju obrade gradivo, a zatim na praktikumu istražuju ograničena određene pojave. Zadan im je eksperimentalni cilj i postav, ali oni sami osmišljaju eksperiment i analiziraju dobivene rezultate. Nakon ostvarivanja prvotnog cilja,

studenti dobivaju dodatne smjernice, odnosno pitanja za promišljanje koja ih navode na novi ciklus istraživanja iste pojave. Kako bi studenti uspješno došli do željenih zaključaka, usmjeravanje mora biti dostatno, ali ne ograničavajuće. Na primjer, preko zadatka usporedbe perioda njihala za dva različita kuta otklona, studenti su u konačnici stekli bolji uvid u to zašto se u fizici koriste aproksimacije.

2.2.3 Organizacija online nastave na Sveučilištu u Beču

Još jedan primjer dobrog rješenja za preoblikovanje standardnih praktikumskih vježbi je metoda [2] osmišljena na Sveučilištu u Beču za vrijeme prve COVID-19 izolacije, no ova metoda može se uz minimalne preinake primijeniti i u klasičnoj kontaktnoj nastavi. Primorani prebacivanjem nastave na online način rada, voditelji kolegija Praktikum za buduće nastavnike fizike morali su u kratkom vremenskom periodu osmisliti najbolji način za održavanje praktikuma online, a da pritom zadovolje sve ishode uobičajeno organiziranog praktikuma. Studentima su putem online platforma zadani zadaci s redovnog praktikuma uz napomenu da eksperiment koji osmisle moraju moći izvesti pomoću stvari koje mogu pronaći u svom kućanstvu ili pomoću online simulacija. Svakom studentu dodijeljen je i online partner za rad. Zatim je organiziran online video sastanak na kojem su studenti prezentirali svoje ideje i raspravljali o razumijevanju, problemima i poboljšanjima istih. Raspravu je usmjeravao voditelj kolegija. Tek nakon online konzultacija, studentima je zadano da izvedu osmišljene eksperimente kod kuće, napišu kratak izvještaj i prilože slike eksperimenata. Istraživanje provedeno nakon praktikuma pokazuje da ovakav način rada značajno razvija kreativnost i samopouzdanje studenata. Iako je studentima ovakav način rada oduzeo više vremena od prosječnog praktikuma, svidjela im se to što su imali slobodu u osmišljanju eksperimenta, ali i potporu voditelja kolegija i svojih online partnera. Studenti smatraju i da su ovakvim načinom rada stekli bolje razumijevanje teorije, kao i stekli brojne vještine koje će im poslužiti kao budućim nastavnicima kao što su fleksibilnost, kreativnost u osmišljanju velikog broja eksperimenata pomoću malo opreme, stvaranje poveznica sa stvarnim životom itd.

2.2.4 SGO – Scientific graphic organizer

Ovaj primjer organizacije praktikuma osmislili su Diepenbroek i Pols [9]. Oni su pristupili vježbama na istraživački način te ponudili rješenje problema pisanja i ispravljanja studentskih izvještaja koji često oduzimaju puno vremena, a ne ostvaruju željeni učinak na znanje i razumijevanje studenata. Riječ je o razvijenom nastavnom listiću, koji studentima daje potrebnu strukturu, a voditeljima praktikuma omogućuje brzo uočavanje razumijevanja, učinkovitosti i potencijalnih grešaka studenata. Sadrži prazna polja za upisati istraživačko pitanje, teorijski uvod, varijable, pribor, skicu eksperimentalnog postava, postupak, opažanja, mjerenja, izračun, grafički prikaz rezultata, analizu i matematički opis, točnost i preciznost, zaključak i dodatna polja za ostale komentare. Ovaj model razvijen je i testiran na sveučilištima u Nizozemskoj, a odličan je za primjenu na fakultetu, kao i u osnovnoškolskom i srednjoškolskom obrazovanju. Primjer SGO listića prevedenog na hrvatski nalazi se na slikama 1 i 2 [10].

Ime(na):			Datum:			Naslov:		
Istraživačko pitanje:								
Teorijski uvod:						Veličine:		
.....						Nezavisna varijabla:		
.....						Zavisna varijabla:		
.....						Kontrolirana varijabla/e:		
Pribor:			Eksperimentalni postav:			Postupak:		
*						1		
*						2		
*						3		
*						4		
*						5		
*						6		
*						7		
*						8		
Bilješke i komentari								

Slika 1. Primjer SGO listića – prednja strana

<p style="text-align: center; margin: 0;">Opažanja, mjerenja i izračuni:</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 100px; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 15%;"></td><td style="width: 15%;"></td><td style="width: 15%;"></td><td style="width: 15%;"></td><td style="width: 15%;"></td><td style="width: 15%;"></td><td style="width: 15%;"></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p style="margin-top: 5px;">.....</p> <p style="margin-top: 5px;">.....</p> <p style="margin-top: 5px;">.....</p> <p style="margin-top: 5px;">.....</p>																																																																														<p style="text-align: center; margin: 0;">Graf:</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 100px; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 15%;"></td><td style="width: 15%;"></td><td style="width: 15%;"></td><td style="width: 15%;"></td><td style="width: 15%;"></td><td style="width: 15%;"></td><td style="width: 15%;"></td><td style="width: 15%;"></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>																																																																																									<p style="text-align: center; margin: 0;">Analiza i matematički opis:</p> <p style="margin-top: 5px;">.....</p> <p style="margin-top: 5px;">.....</p> <p style="margin-top: 5px;">.....</p> <p style="margin-top: 5px;">.....</p> <p style="margin-top: 5px;">.....</p> <p style="margin-top: 5px;">.....</p> <p style="margin-top: 5px;">.....</p> <p style="margin-top: 5px;">.....</p> <p style="margin-top: 5px;">.....</p> <p style="margin-top: 5px;">.....</p> <p style="margin-top: 5px;">.....</p>
<p style="text-align: center; margin: 0;">O točnosti i preciznosti:</p> <p style="margin-top: 5px;">.....</p> <p style="margin-top: 5px;">.....</p> <p style="margin-top: 5px;">.....</p> <p style="margin-top: 5px;">.....</p>	<p style="text-align: center; margin: 0;">Zaključak:</p> <p style="margin-top: 5px;">.....</p> <p style="margin-top: 5px;">.....</p> <p style="margin-top: 5px;">.....</p> <p style="margin-top: 5px;">.....</p> <p style="margin-top: 5px;">.....</p>																																																																																																																																																																						
<p style="text-align: center; margin: 0;">Što još želim reći:</p> <p style="margin-top: 5px;">.....</p> <p style="margin-top: 5px;">.....</p> <p style="margin-top: 5px;">.....</p>																																																																																																																																																																							

Slika 2. Primjer SGO listića – poledina

2.3 *Važnost praktikuma za buduće nastavnike fizike*

Okruženja koja potiču istraživanje i znatiželju iznimno su važna za pobuđivanje i održavanje interesa za znanosti. Tako i prethodna praktikumska iskustva budućih nastavnika fizike uvelike utječu na njihovu motivaciju da jednog dana provode istraživački usmjerenu nastavu u razredu [4]. Nivalainen, Asikainen i Hirvonen [5] istraživali su prijašnja iskustva praktikumske nastave budućih nastavnike fizike i kako se to odrazilo na njihove planove za organizaciju budućeg rada. Neki od ispitanika zaključili su iz svojih prijašnjih iskustava da je provođenje eksperimenata u nastavi fizike samo trošak vremena. Za njih praktični rad nije rezultirao nikakvim novim znanjima ili iskustvima. Učitelji fizike kakve su ovi ispitanici imali su često provodili deduktivne eksperimente s unaprijed određenim rezultatima i predvidivim zaključcima. Nisu poticali raspravu među učenicima,

već često samo predstavili rezultate. Kang i Wallace su u istraživanju [11] pokazali da nastavnici uistinu često percipiraju rad u praktikumu isključivo kao aktivnost u svrhu provjere očekivanih rezultata. Drugim riječima, mišljenja ovih ispitanika o eksperimentalnom dijelu nastave su danas takva zato što nikad nisu bili izloženi korisnim eksperimentima. Većina ispitanika je i izjavila da su više korisnih eksperimenata, a i eksperimenata općenito, imali u osnovnoj nego u srednjoj školi. Naravno, nisu svima iskustva ista. Jedan od ispitanika izjavio je da su problemi u srednjoj školi koje su dobili na rješavanje praktičnim radom bili izazovni i da ih je upravo to učinilo zanimljivijima i motiviralo učenju znanosti. Preokret u razmišljanju nekih ispitanika bio je BLT (Basic Laboratory Practice for Teachers) istraživački usmjeren praktikum na fakultetu namijenjen poučavanju budućih nastavnika za rad u školi. Navode kako su tek na tom praktikumu uočili ulogu praktikuma za učenje fizike, dok su prije na njih gledali kao na zabavan dodatak. Svi ispitanici su prethodno pohađali i druge osnovne, konvencionalno organizirane praktikume na fakultetu koji se nisu pokazali učinkovitima za učenje fizike. Ako se studentima u sklopu fakultetske nastave ne omogući da samostalno osmišljaju aktivnosti, eksperimente, modele rada i slično, suočit će se s mnogo poteškoća u organizaciji eksperimentalnog dijela nastave svojih budućih učenika [4] ili neće uopće biti zainteresirani za isto ukoliko sami nisu osjetili prednosti praktikumskog rada.

Istraživanje Nivalainen *et al.* [5] veliku važnost pridaje i razumijevanju ciljeva praktikumskog rada jer razumijevanje stvara temelj za uspješno izvođenje praktikumskog sadržaja u školskoj nastavi. Istraživanje o prijašnjim iskustvima studenata, odnosno ishodima koje su prepoznali u praktikumskom radu osnovne i srednje škole te fakulteta, pokazuje da se najviše naglašava produblјivanje razumijevanja teorijskog sadržaja, a gotovo se ne spominje poželjan cilj razumijevanja prirode znanosti i znanstvenog procesa. Budućim nastavnicima zato treba pružiti što više prilika da produblјuju svoje razumijevanje ishoda. Na primjer, na istraživački usmjerenom praktikumu otvorenog tipa se može od budućih nastavnika tražiti da raspravljaju o ciljevima, ishodima, incidenciji i pouzdanosti njihovih eksperimenata kako bi produbili svoje razumijevanje o prirodi znanosti općenito, ali i kako bi jednog dana znali u nastavi komentirati eksperimente koji nisu završili željenim rezultatom. Važno je i razumijevanje da jedan eksperiment ne može ostvariti sve praktikumske ishode simultano, već da je puno bolje koncentrirati se na jedan do dva ishoda po eksperimentu. Ovakav način rada osigurava učinkovito i svrhovito

održavanje praktikumskih zadataka.

„Učenici trebaju učenjem Fizike razviti sposobnost znanstvenog razmišljanja i zaključivanja te upoznati načine stjecanja novih znanja u području prirodnih znanosti. Drugim riječima, trebaju učiti i o znanstvenim metodama, a ne samo o znanstvenim rezultatima. Fizika je istraživačka disciplina pa je važno da nastava Fizike bude također istraživački usmjerena kako bi mogla ostvariti navedene ciljeve“ [12]. Ovo citat preuzet je iz nacionalnog kurikulum nastavnog predmeta fizike za osnovne škole i gimnazije. Budući nastavnici fizike trebaju, u najmanju ruku, biti učeni kao što se od njih očekuje da jednog dana uče svoje učenike.

2.4 Fizički praktikumi nastavnčkih smjerova fizike na našem fakultetu

Prvi praktikum s kojim se budući nastavnici fizike susreću je Fizičkim praktikumom 1. Sastoji se od izvođenja zadanih eksperimenata i mjerenja u praktikumu, te pisanja izvještaja s analizom dobivenih mjerenja kod kuće. Ciljevi tog praktikuma navedeni na fakultetskoj stranici kolegija glase [13]: „Cilj kolegija Fizički praktikum 1 osposobiti studente da samostalno koristite mjerne uređaje i aparature za provođenje jednostavnih mjerenja prema postavljenim zadacima i uputama, pri čemu će znati povezati teorijska znanja s izvođenjem vježbe i funkcioniranjem eksperimentalnog postava. Rezultate mjerenja će analizirati primjenom statističkih metoda te numerički i grafički prikazati rezultate koristeći računalo i odgovarajuću programsku podršku.“ . Iz opis se može zaključiti da je riječ o konvencionalnom praktikumu. Studenti nastavnčkih smjerova fizike, fizike i matematike, fizike i informatike te fizike i kemije kasnije pohađaju i Fizički praktikum 2, dok studenti nastavnčkog smjera fizike pohađaju i Fizičke praktikume 3 i 4.

U sedmom semestru studenti dobivaju i Praktikum iz eksperimentalne nastave fizike 1. Cilj ovog praktikuma je [14] osposobljavanje studenata za interaktivno izvođenje pokusa u istraživački usmjerenoj nastavi fizike, te naučiti pripremiti i izvoditi pokuse povezujući stručna znanja iz fizike i eksperimentalne vještine s pedagoškim znanjima i interaktivnim nastavnim tehnikama. Studenti svaki praktikum dobivaju novi radni list sa zadacima, osmišljaju i provode eksperiment pomoću zadanog eksperimentalno postava, te donose zaključak pomoću pisanih koraka za navođenje do istog. U idućem semestru studenti

pohađaju i Praktikum iz eksperimentalne nastave fizike 2, a studenti nastavničkog smjera fizike i Praktikum iz eksperimentalne nastave fizike 3.

3 Metodologija

3.1 Ispitanici i metoda rada

Kako bismo provjerili je li moguće provesti u potpunosti istraživačku vježbu u sklopu praktikuma na fakultetu, jedan standardni praktikumski zadatak preoblikovan je za kolegij Praktikum iz eksperimentalne nastave fizike 2. Posljedično, ispitanici su studenti koji su u vrijeme provođenja istraživanja pohađali navedeni praktikum. Sudjelovalo je ukupno 18 studenata četvrte godine integriranog prijediplomskog i diplomskog studija nastavničkog smjera fizike, fizike i informatike, fizike i matematike ili fizike i kemije. Svi ispitanici su prethodno pohađali Fizički praktikum 1 i 2, te Praktikum iz eksperimentalne nastave fizike 1. Studenti nastavničkog smjera fizike pohađali su i Fizički praktikum 3 i 4. Kao i na redovnoj nastavi Praktikuma iz eksperimentalne nastave fizike 2, studenti su bili raspoređeni u dvije skupine po devet članova. Istraživanje je provedeno na isti način u obje skupine. Pregled rasporeda ispitanika po smjerovima studija i praktikumima koje su pohađali nalazi se u tablici 1.

	Broj ispitanika	Praktikumi
Studij fizika; smjer: nastavnički	9	FP1,FP2,FP3,FP4,PENF1,PENF2
Studij fizika i informatika; smjer: nastavnički	3	FP1,FP2,PENF1,PENF2
Studij fizika i kemija; smjer: nastavnički	3	FP1,FP2,PENF1,PENF2
Studij fizika i matematika; smjer: nastavnički	3	FP1,FP2,PENF1,PENF2

Tablica 1. Raspored ispitanika po smjerovima i praktikumima koje su pohađali (FP – Fizički praktikum, PENF – Praktikum iz eksperimentalne nastave fizike)

Tema izmijenjenog praktikuma bili su plinski zakoni. Postojeća vježba Plinski zakoni s Praktikuma iz eksperimentalne nastave fizike 2 je preoblikovana u pet kratko i jasno zadanih zadataka u kojima se od studenata traži da samostalno osmisle istraživačke pokuse kojim će istražiti ili provjeriti određene ovisnosti. Cilj je bio da istraživački usmjerenim zadacima studenti samostalno dođu do istih zaključaka kao na standardnom praktikumu. Praktikum je proveden u tri dijela (Slika 3.): studentima je podijeljen listić sa zadacima (Slika 4.), zatim su održane konzultacije sa studentima i voditeljima praktikuma, te na kraju su provedene sve osmišljene studentske vježbe u praktikumu.



Slika 3. Hodogram istraživačke vježbe Plinski zakoni

Studentima je putem maila poslan radni list (Slika 4.) sa zadacima i popisom osnovnog pribora koji će imati na raspolaganju, no ponuđeno im je da predlože i dodatni pribor koji bi im mogao biti potreban. Zadano im je da formiraju skupine od dvoje, odnosno troje članova zbog neparnog broja studenata, te da zatim svaka skupina kod kuće osmisli po jedno rješenje za svaki od zadanih zadataka s radnog lista.

Pošto je cilj Praktikumima iz eksperimentalne nastave fizike 2 razvijati kompetencije budućih nastavnika fizike za samostalno priređivanje, izvođenje i tumačenje školskih pokusa iz fizike [14] i u ovom istraživanju se od studenata tražilo da osmisle pokuse koji su primjereni za izvođenje u osnovnoj ili srednjoj školi. Imali su tjedna dana da osmisle svoja rješenja te pripreme opise i skice pokusa za dogovorene online video konzultacije. Sudionici konzultacija su bili studenti i voditelji kolegija, a cilj je bio da sve skupine studenata prezentiraju svoje ideje, nakon kojih slijedi rasprava o eventualnim nejasnoćama, ostvarivosti osmišljenih eksperimenata, načinu mjerenja, dodatnoj opremi koju treba nabaviti i slično. Tjedan dana nakon konzultacija studenti su u praktikumu izveli osmišljene eksperimente te izvršili mjerenja. Studenti su nekoliko dana nakon završenog praktikuma dobili na ispunjavanje upitnik o stavovima i zadovoljstvu praktikumima na fakultetu općenito i provedenom vježbom Plinski zakoni.

Plinski zakoni

Od pribora na raspolaganju imate: manometar, staklenu tikvicu, medicinske šprice, termometar, kuhalo za vodu, razne silikonske cjevčice, staklene kapilare zatvorene stupcem žive, laboratorijske čaše, ravnala, stalke i držače, U cijev, plastelin, balone i ostali potrošni materijal.

1. Osmislite istraživački pokus kojim ćete istražiti ovisnost volumena i temperature plina pri konstantnom tlaku (**Gay – Lussacov zakon**).
2. Osmislite istraživački pokus kojim ćete istražiti ovisnost tlaka i temperature plina pri konstantnom volumenu (**Charlesov zakon**).
3. Osmislite istraživački pokus kojim ćete istražiti ovisnost tlaka i volumena plina pri konstantnoj temperaturi (**Boyle – Mariotteov zakon**).
4. Osmislite istraživački pokus kojim ćete istražiti Boyle – Mariotteov zakon koristeći cilindar napunjen zrakom i zatvoren pomičnim klipom. Probajte osmisliti kako biste izveli taj cilindar u praksi.
5. Osmislite pokus kojim ćete provjeriti vrijedi li jednadžba stanja idealnog plina koristeći **U cijev** zataljenu na jednom kraju.

Slika 4. Radni list Plinski zakoni

3.2 *Rezultati i diskusija*

3.2.1 *Rezultati osmišljenih eksperimenata*

Nakon poslanih mailova s radnim listom, prvi kontakt sa studentima je bio na online video konzultacijama. Svi studenti su se dobro pripremili za sastanak i aktivno sudjelovali u raspravi koja je uslijedila nakon prezentacije rješenja svake skupine. Studenti su uspješno

ukazivali na određene nedostatke eksperimenata drugih skupina, ali i ponudili brojne ideje za poboljšanje postava i realizaciju određene opreme. Voditelji praktikuma su također komentirali i savjetovali studente. I dok je bilo dosta identično ili slično osmišljenih eksperimenata, većina skupina je ugodno iznenadila barem jednim izrazito kreativnim i jedinstvenim rješenjem zbog kojih se i prvotni popis opreme značajno proširio. Već na konzultacijama je pretpostavljeno da određeni eksperimenti nisu najbolji za istraživanje ovisnosti zbog potencijalne nemogućnosti provođenja više mjerenja, ali su studenti ipak htjeli provesti svoje eksperimente pa im je to i omogućeno. Konzultacije su trajale otprilike sat vremena u svakoj grupi.

1. Gay-Lussacov zakon

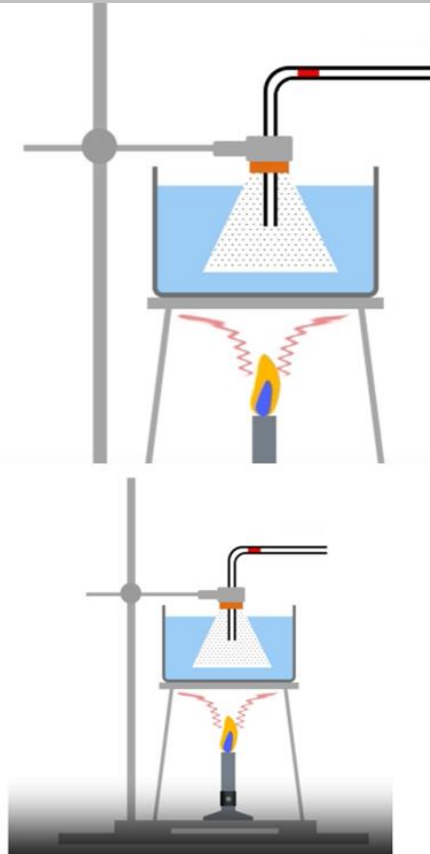
- Pribor: posuda s vodom, tikvica, gumeni čep, staklena cjevčica oblika slova L, plamenik, stalak

Istraživačko pitanje: Koja je ovisnost volumena i temperature plina pri konstantom tlaku?

Temperatura zraka / °C	Volumen zraka / cm ³
0	250
20	268
50	290
80	320
100	340

Tablica 2.
Volumen zraka u zavisnosti o temperaturi

Varijable koje mjerimo: temperatura zraka i volumen zraka



- Opis: U posudu s vodom uronjena je tikvica u kojoj je plin (zrak) pod atmosferskim tlakom. Kroz gumeni čep provučena je staklena cjevčica oblika slova L. U horizontalnom dijelu cjevčice je kapljica obojane vode. Zagrijavamo posudu s vodom, time će se također zagrijati i plin u tikvici. Obujam plina se pri zagrijavanju povećava. Povećanje volumena zraka za određeno povećanje temperature nalazimo mjereći duljinu za koju se kaplja u cjevčici pomaknula.

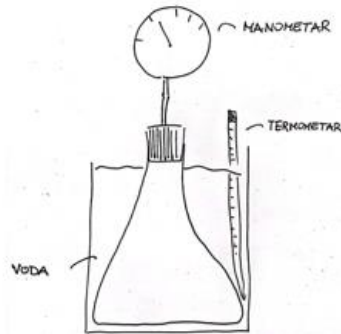
Slika 5. Primjer rješenja za 1. zadatak

2. Pribor: Stativ, klema, mufa, manometar, E. tikvica, posuda sa vodom, termometar, kuhalo za vodu (plamenik), plastelin

Mijenjamo: temperaturu

Mjerimo: tlak

Opis: Postavimo aparaturu kao sa crteža. Termometrom mjerimo temperaturu te na toj temperaturi očitavamo tlak koji pokazuje manometar.



Slika 6. Primjer rješenja za 2. zadatak

3. Boyle-Mariotteov zakon ✓

Potrebno:

- Manometar
- Medicinska šprica

Opis:

Na špricu spojimo manometar. Stiskanjem šprice se mijenja volumen dostupan zraku u šprici. Manometrom provjeravamo kako to utječe na tlak.

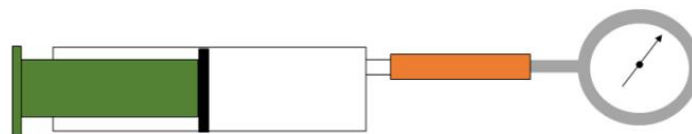
Mijenjamo:

- Volumen

Mjerimo:

- Tlak

Skica:



Slika 7. Primjer rješenja za 3. zadatak

4) statak, sprica sa klipom, utezi, pomicna uvojica, plastelin

- priprema spricu na statak t.d. stavimo određeni udelen zraka i zaćepimo gornji dio sa plastelinom kako reći uobio zrak
- stavljamo utezi i gledamo kako se klip pomice i oćitavamo tće je udelen na na odrećenoj uosi
- kasnije izračunamo tlak pomicu $F=mg$ i pomicu spricu $p = \frac{F}{A}$ + možemo oćužet $p_a - p$!
- prikazemo graficni dobivene podacima, ili $p \cdot V = konst.$

$m \Rightarrow F = mg \Rightarrow p' = \frac{F}{A}$

$\Rightarrow p_{unutra} = p_{atm} - p'$

ili $p_{unutra} \cdot V = konst.$

Slika 8. Primjer rješenja za 4. zadatak

Pribor: U-cijev sa živom ćiji je jedan dio otvoren a drugi zatvoren, ravnalo, kada sa vodom, termometar, plamenik

Opis: Zagrijavanjem zatatjenog dijela U-cijevi povećava se tlak plina (zrak) što rezultira povećanjem njegova volumena što se opaža po podizanju stupca žive na otvorenoj strani U-cijevi gdje osim hidrostatskog tlaka žive djeluje i stalan atmosferski tlak. Volumen stupca zatatjenog dijela cijevi s plinom računa se po formuli: $V = r^2 \pi b$ gdje je b visina praznog dijela. Tlak u zatvorenom dijelu cijevi računa se iz razlike visine stupca žive za što je potreban parametar h .

$$p_{atm} + \rho_{Hg} g h_1 = p_{plin} + \rho_{Hg} g h_2$$

$$p_{plin} = p_{atm} + \rho_{Hg} g \Delta h$$

Umnožak $\frac{pV}{T}$ treba biti konstantan za plin u zatvorenom dijelu u cijevi jer se ne mijenja množina plina u tom dijelu cijevi.

Slika 9. Primjer rješenja za 5. zadatak

Primjeri nekih studentskih rješenja nalaze se na slikama 5. – 9., a kratki, pojednostavljeni pregled svih osmišljenih eksperimenata s izmjenama nakon konzultacija i rezultatima prikazan je u idućem potpoglavlju u tablici 2. Pošto u mailu i radnom listu nije eksplicitno bilo zadano u kojem obliku skupine trebaju prezentirati svoje ideje, neki studenti su se odlučili za usmeni opis eksperimenta i rukom crtane skice, dok su drugi prezentirali svoje radove u obliku PowerPoint prezentacije ili Word dokumenta.

3.2.2 Rezultati provedenih eksperimenata

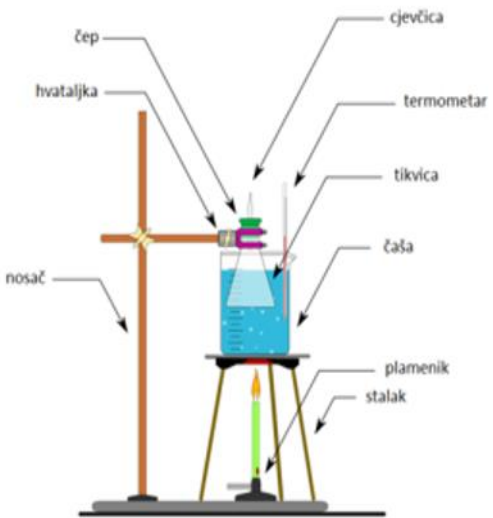
Samo izvođenje eksperimenta u praktikumu prošlo je bez većih poteškoća. Većina eksperimenata uspješno je provedena, a za nekolicinu se ispostavilo da iako dobro pokazuju određenu pojavu, nisu povoljni za provođenje više mjerenja zbog dugotrajnosti ili nepraktičnosti. Na primjer, jedno od rješenja za istraživanje ovisnosti volumena i temperature pri konstantnom tlaku (Gay – Lussacov zakon) je postav kao na slici 5. Tikvica zatvorenim gumenim čepom kroz koji je provučena cjevčica L oblika u kojoj se nalazi kapljica tekućine, stavi se u posudu s vodom koja se zagrijava na plameniku. U više pokušaja mjerenja i neovisno o tome kapljica koje tekućine se nalazila u cijevi (ulje ili etanol), već pri minimalnom povećanju temperature kapljica je na drugom mjerenju ili odmah izletjela iz cijevi. Za provođenje više mjerenja L cjevčica bi trebala biti jako, nepraktično duga pa ovaj eksperiment nije povoljan za istraživanje ovisnosti, ali bi mogao poslužiti kao dobar demonstracijski pokus u školi. Eksperiment u kojem se mjerio opseg balona na sobnoj temperaturi, u vrućoj vodi i zamrzivaču nije praktičan za nastavu zbog toga što zahtjeva puno vremena, ali bi mogao poslužiti kao jednostavan kućni projekt za učenike.

Kratak i pojednostavljen pregled svih osmišljenih eksperimenata, ispravaka i uspješnosti nalazi se u tablici 2. Eksperimenti u kojima se koristi trajno zatvorena medicinska šprica pokazali su se kao dobri za školu, pošto zahtijevaju minimalnu opremljenost kabineta, a daju valjane rezultate. Svega tri eksperimenta nisu uspjela, a jedan od njih nalazi se na slici 10. Studenti su probali provesti taj pokus, no zbog brojnih nedostataka i nemogućnosti kontrole varijabli eksperiment nije funkcionirao u praksi. Jedan od eksperimenata predstavljen na konzultacijama nije bio dobro osmišljen pa i nije izveden na praktikumu.

- **pribor:**

- staklena tikvica
- čaša u koju se tikvica može komotno uroniti
- nosač i hvataljka
- gumeni čep s otvorom
- staklena cjevčica
- plamenik i stalak za zagrijavanj
- menzura
- toplinski otporne rukavice
- voda
- zrak

- **skica:**



- **procedura:**

1. u čašu uronimo tikvicu kako je prikazano na skici
2. plamenikom grijemo čašu dok voda ne proključa
3. nastavimo grijati još 5 minuta
4. prstom začepimo cjevčicu i izvadimo tikvicu iz čaše
5. izmjerimo temperaturu vode u čaši T_1
6. tikvicu uronimo naopačke u spremnik s vodom na sobnoj temperaturu; cjevčicu držimo začepljenom
7. maknemo prst i tikvicu držimo urenjenu 5 minuta
8. polako izvlačimo tikvicu prema površini dok se razina vode u tikvici ne podudara s razinom vode u spremniku
9. ponovno prstom začepimo cjevčicu
10. izvadimo tikvicu i položimo je na stol
11. izmjerimo temperaturu vode u spremniku T_2
12. pomoću menzure izmjerimo količinu vode u tikvici V_1
13. izmjerimo volumen tikvice V_2
14. izračunamo V_2 i omjere V_1/T_1 te V_2/T_2

Slika 10. Primjer neuspjelog rješenja za 1. zadatak

Studenti su bili investirani u svoj rad, ali i pomagali jedni drugima i gledali izvođenje zanimljivijih eksperimenata drugih skupina, dok su voditelji tijekom cijelog praktikuma šetali od skupine do skupine i pomagali kad je to bilo potrebno, te poticali studente na raspravu o zaključcima.

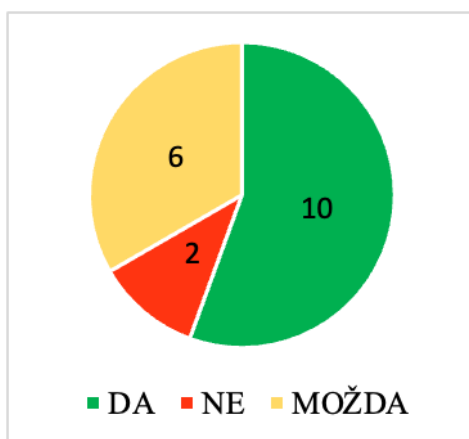
	Broj ponavljanja	Osmišljeni eksperiment	Ispravci nakon konzultacija	Uspješnost
1.	1	Medicinska šprica zatvorena plastelinom uronjena u posudu s vodom koju postupno zagrijavamo.	Umjesto plastelinom trajno zatvoriti medicinsku špricu topljenjem plastike.	Uspješno proveden.
	2	Napuhanom balonu izmjeriti opseg na sobnoj temperaturi, nakon uranjanja u vruću vodu, nakon stajanja u frižideru.	Umjesto zraka, balon napuniti helijem. Umjesto frižidera, staviti balon u zamrzivač.	Uspješno provedeno, ali zbog dugotrajnosti nije primjeren za nastavu. Dobar za kućni projekt.
	2	Tikvica uronjena u vodu koju postupno zagrijavamo, zatvorena gumenim čepom s cjevčicom L oblika u kojoj se nalazi obojena kapljica vode.	Umjesto obojene vode koristiti ulje ili etanol.	Cijev bi trebala biti jako dugačka za više mjerenja, ali može poslužiti kao odličan demonstracijski pokus.
	2	Cjevčica sa stupcem žive uronjena u vodu koju zagrijavamo.		Uspješno provedeno.
	1	Tikvica s cjevčicom u posudi s vodom koju zagrijavamo, zatvoriti cjevčicu i naopako postaviti tikvicu u posudu s hladnom vodom.		Neuspješno proveden zbog poteškoća u izvođenju.
2.	8	Tikvica s manometrom stavljena u posudu s vodom koju zagrijavamo.		Uspješno proveden.
3	6	Medicinska šprica s manometrom.		Uspješno proveden.
	1	U u-cijev ulijevati vodu koja tlači zrak na zatvorenom kraju.		Neuspješno proveden. Nemoguće dodatno stlačiti zrak vodom.
	1	Cjevčica sa stupcem žive otvorena na jednom kraju vezana za ravnalo. Mjeriti tlak i volumen kada je u uspravnom položaju i kada je okrenuta naopako.	Promatrati i kada je u vodoravnoj poziciji.	Uspješno proveden.
4.	6	Medicinska šprica s manometrom.		Uspješno proveden.
	2	Medicinska šprica zatvorena plastelinom na koju vješamo/stavljamo utege.	Umjesto plastelinom trajno zatvoriti medicinsku špricu topljenjem plastike.	Uspješno proveden.
5.	7	U-cijev sa živom uronjena u vodu koju zagrijavamo.		Uspješno proveden.
	1	U cijev napunjena vodom, zatvoren stupac zraka zagrijavamo plamenikom.	Pokus neizvediv.	Nije proveden.

Tablica 2. Pregled osmišljenih eksperimenata, ispravaka i njihove uspješnosti

3.2.3 Rezultati provedenog upitnika

Upitnik je kreiran kako bi se ispitali stavovi studenata i zadovoljstvo praktikumima na fakultetu i provedenom vježbom Plinski zakoni. Prikupljeni odgovori analizirani su kvalitativno i deskriptivno te se rezultati nalaze u poglavljima niže.

Pošto su svi ispitanici studenti nastavničkih smjerova, upitnikom je ispitana i njihova želja za budućim radom u školi. Od ukupno 18 ispitanika, njih deset je izjavilo da nakon završenog fakulteta želi raditi u školi, dvoje ne želi, a šestero je još neodlučno.



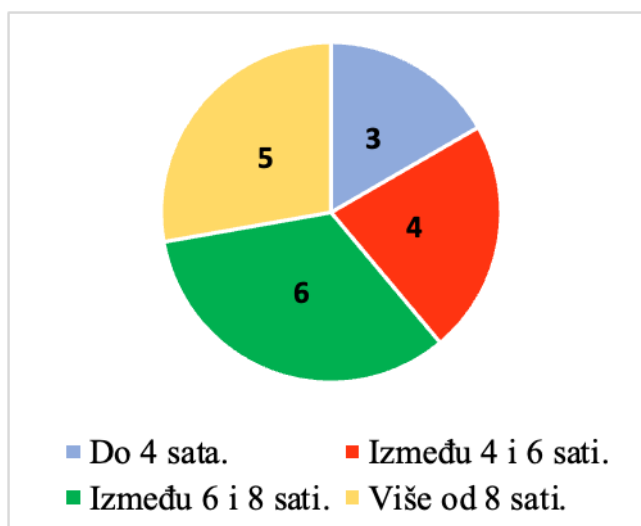
Graf 1. Ambicija ispitanika, studenata nastavničkih smjerova, za radom u školi nakon završenog fakulteta

3.2.3.1 Fizički praktikumi 1 i 2 (3 i 4 za smjer PF)

U prvom pitanju se od studenata tražilo da ukratko opišu način rada na Fizičkom praktikumu. Studenti se slažu da se rad na Fizičkom praktikumu sastoji od proučavanja teorijske pripreme za određenu vježbu kod kuće, izvođenja samog eksperimenta u praktikumu te obrade mjerenja i pisanja izvještaja kod kuće. Neki od odgovora glase: „Unaprijed čitanje pripreme, izvođenje pokusa i obrada mjerenja doma.“ i „Kod kuće pogledamo pripremu, dođemo odraditi vježbu, ništa ne kužimo, pišemo izvještaj.“. Iz studentskih se odgovora može pretpostaviti da način rada Fizičkog praktikuma odgovara opisu klasičnih konvencionalnih praktikuma.

Na pitanje koliko im je vremena Fizički praktikum oduzima na tjednoj bazi, ako uračunaju vrijeme pripreme, samo izvođenje praktikuma te pisanje izvještaja, studenti su većinski odgovorili da je to preko šest sati tjednom (11 od 18 studenata je odabralo opciju

C) između šest i osam sati ili D) Više od osam sati). Troje ispitanika se izjasnilo da im je Fizički praktikum oduzeo do četiri sata tjedno, odnosno četvorica između četiri i šest sati tjedno. Valja napomenuti da je samo vrijeme izdvojeno za Fizički praktikum u rasporedu nastave četiri sata tjedno. Odgovori su prikazani na grafu 2.

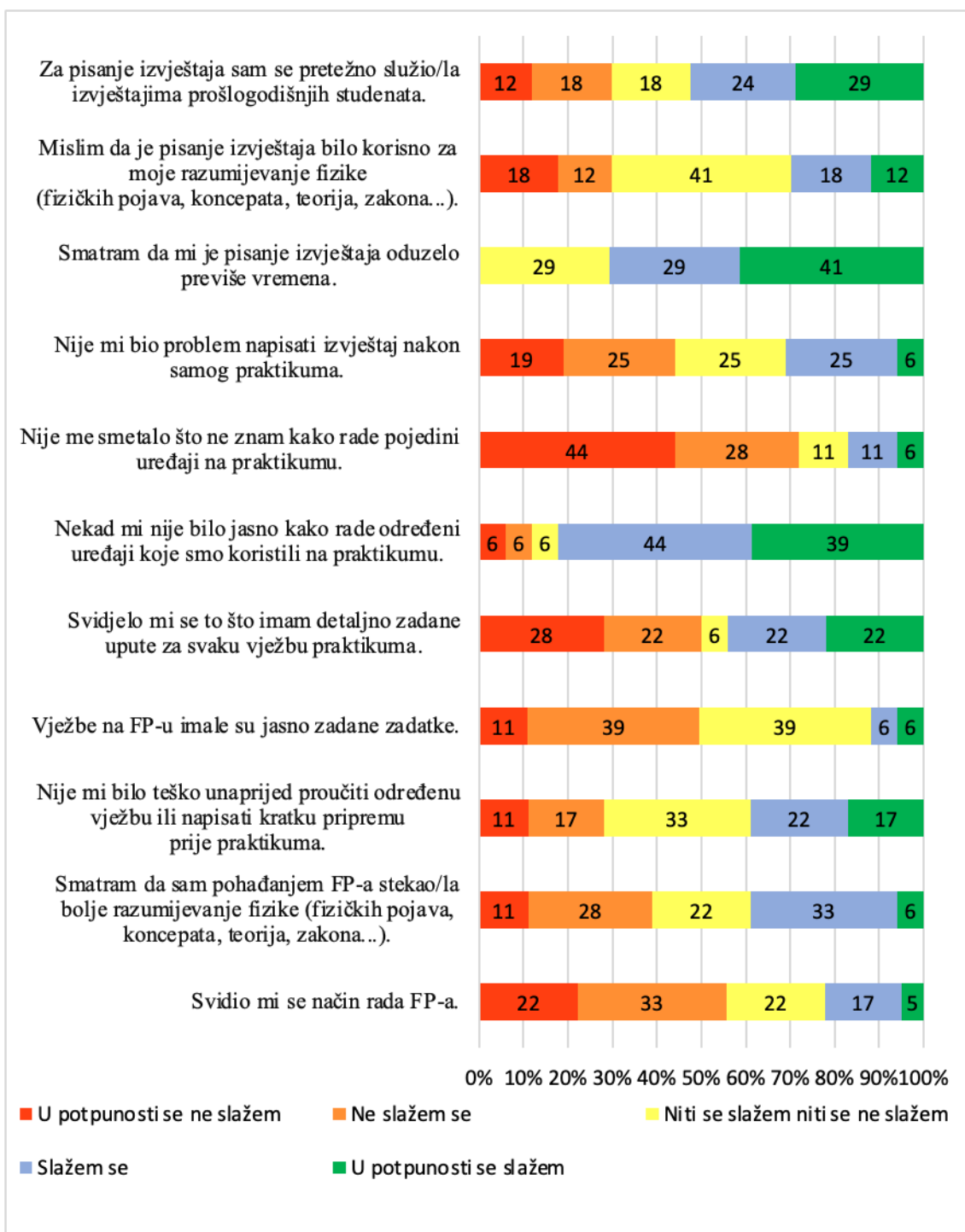


Graf 2. Vrijeme odvojeno za Fizički praktikum na tjednoj bazi

Zadnje opisno pitanje koje se tiče Fizičkih praktikuma odnosi se na studentske prijedloge za poboljšanje praktikuma. Studenti se većinski slažu da treba uložiti u novu opremu, dok im se mišljenja o asistentima razilaze. Jedan ispitanik tvrdi da treba „promijeniti više manje sve osim asistenata“, drugi da „asistenti ni sami nekad nisu upoznati s pokusima“, a treći kaže da „trebaju više pomoći“. Više studenata je spomenulo i kako bi htjeli više slika postava i detaljnije upute, kao i šablone za pisanje izvještaja. Jedan student je poželio: „Više samostalnih dijelova u vježbama, u smislu da sami pokušamo naći način da se nešto djeci pokaže u školi, koliko god je to baš praktikum fizike, nema smisla ne početi već tad diskutirati o nastavi.“, a vrijedilo bi istaknuti i prijedlog još jednog studenta: „Unaprjeđenje opreme i potencijalno uvođenje dodatne vježbe koja bi se odabrala prema interesu studenata s unaprijed ponuđene liste mogućih vježbi.“.

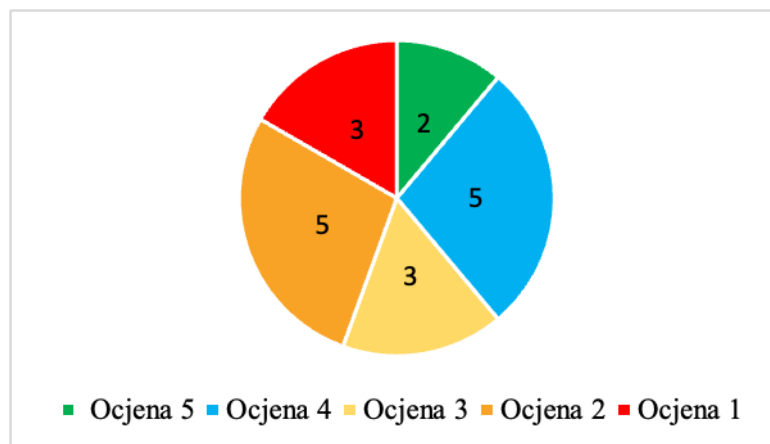
Odgovori studenata na pitanja o zadovoljstvu Fizičkim praktikumom nalaze se na grafu 3. Iz priloženog se vidi da studenti većinski smatraju da im izvještaji oduzimaju previše vremena kao i da se velika većina služi izvještajima prošlogodišnjih studenata za pisanje svojih izvještaja. Unatoč utrošenom vremenu, studenti smatraju da pisanjem izvještaja nisu stekli značajno bolje razumijevanje fizike, kao ni Fizičkim praktikumom općenito. Iako su

za svaku vježbu dobili opširnu pripremu s uputama što i kako mjeriti, velika većina studenata kaže da im nekad nije bilo jasno kako rade pojedini uređaji na praktikumu i većinski se ne slažu s izjavom da su vježbe na Fizičkom praktikumu imale jasno zadane upute. Samo nekolicina studenata je izjavila da im se svidio način rada na Fizičkom praktikumu.



Graf 3. Odgovori studenata na pitanja o zadovoljstvu Fizičkim praktikumom (FP – Fizički praktikum)

Za kraj smo zatražili ispitanike da uzevši sve segmente praktikuma u obzir, ocijene Fizički praktikum ocjenom od 1 do 5. Prosječna ocjena koju su studenti dodijelili Fizičkom praktikumu je 2,89, ali iz grafa je vidljivo da su studenti podijeljeni po pitanju ukupne ocjene za Fizički praktikum.



Graf 4. Pregled studentskih ocjena za Fizički praktikum

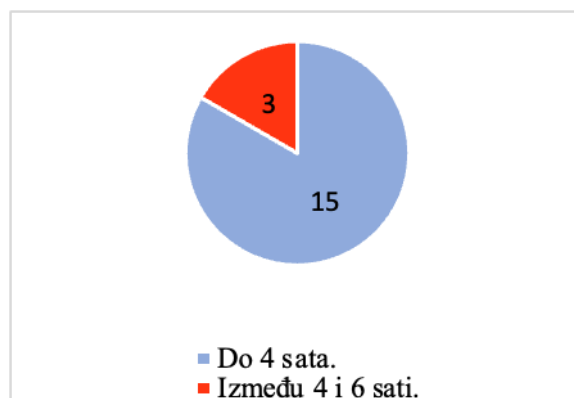
Iz priloženih rezultata možemo zaključiti da su ispitani studenti trebali pomoć u izvođenju praktikuma. Unatoč detaljno pisanim uputama, čini se da one nisu bile pisane dovoljno jasno pa se studenti nisu snalazili i razumjeli što točno i zašto rade. Problem razumijevanja mogao bi se riješiti kao što je to predložio jedan od ispitanika – uvođenjem više samostalnih dijelova u vježbama, odnosno preoblikovanjem praktikumskih zadataka tako da budu više istraživački usmjereni. Iako bi istraživački usmjeren način rada zahtijevao više vremena od klasičnog, vrijeme bi mogli kompenzirati uvođenjem SGO [9] radnih listića. Rezultati upitnika pokazuju da je studentima pisanje izvještaja oduzimalo puno vremena, a nije rezultiralo nužno boljim razumijevanjem vježbe pa bi uvođenje istraživačkih vježbi i SGO [9] radnih listića moglo riješiti taj problem.

3.2.3.2 *Praktikum iz eksperimentalne nastave fizike 1 i 2*

U prvom pitanju smo tražili od studenata da ukratko opišu način rada na Praktikum iz eksperimentalne nastave fizike. Svi ispitanici su dali otprilike iste odgovore, a neki od njih glase: „Dobije se popis zadataka koji pomoću eksperimentalnog postava navode do

zaključka.“ i „Nije bilo teorijske pripreme. Izvođenje pokusa kroz vođene korake. Donošenje zaključaka na samom satu.“. Praktikum iz eksperimentalne nastave fizike ne zahtijeva pripremu kod kuće prije izvođenja, kao ni pisanje izvještaja o radu nakon praktikuma. Radni listić sastoji se od zadataka, eksperimentalnog postava i koraka koji usmjeravaju studente na točne postupke i zaključke.

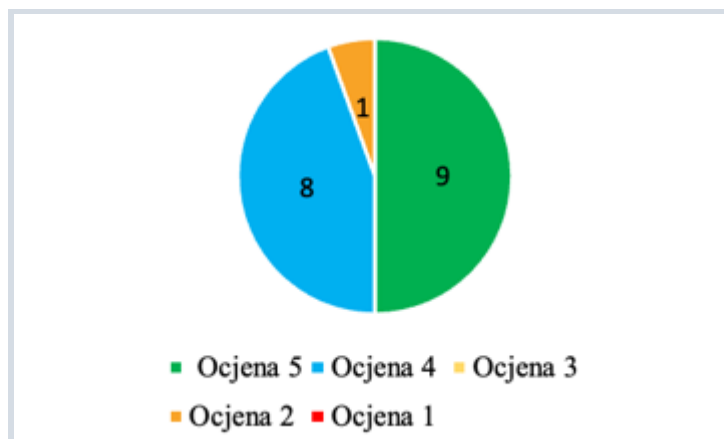
Na pitanje koliko vremena im je Praktikum iz eksperimentalne nastave fizike oduzimao na tjednoj bazi 15 ispitanika se odlučilo za opciju A) do četiri sata, a preostala tri su odabrala opciju B) između četiri i šest sati. Niti jedan ispitanik se nije izjasnio da mu je Praktikum iz eksperimentalne nastave fizike oduzeo više vremena.



Graf 5. Vrijeme odvojeno za Praktikum iz eksperimentalne nastave fizike na tjednoj bazi

Većina prijedloga ispitanika za poboljšanje Praktikuma iz eksperimentalne nastave fizike govori o zamjeni neispravnih instrumenata, ali i potrebi za modernizacijom opreme i eksperimenata. Prijedlozi koji se ističu su: „Više diskusije o školskoj primjeni, neki eksperimenti, smatram, nemaju potencijali biti izvedeni na nastavi, iako je kolegij usko specijaliziran za nastavu.“, „Da više sami osmišljamo pokuse umjesto izvođenja onih već osmišljenih.“, „Poboljšati papire sa zadacima(pripreme)! Osvremeniti! Pola stvari ne radi pa preskačemo. Poboljšati pripreme da budu bolji materijali za učenje.“ i „Mislim da bi bilo lakše da se jedan tjedan nastave koristi kako bi svi uskladili odgovore na listićima ili da asistenti bolje pregleda listić u slučaju da student nije krivo shvatio/protumačio opažanja.“.

Prosječna ocjena koju su ispitanici dodijelili Praktikum iz eksperimentalne nastave fizike je 4,39. Studenti su praktikumu dodijelili ocjenu 4 ili 5, izuzet jednog ispitanika koji je svoje nezadovoljstvo praktikumom izrazio ocjenom 2.

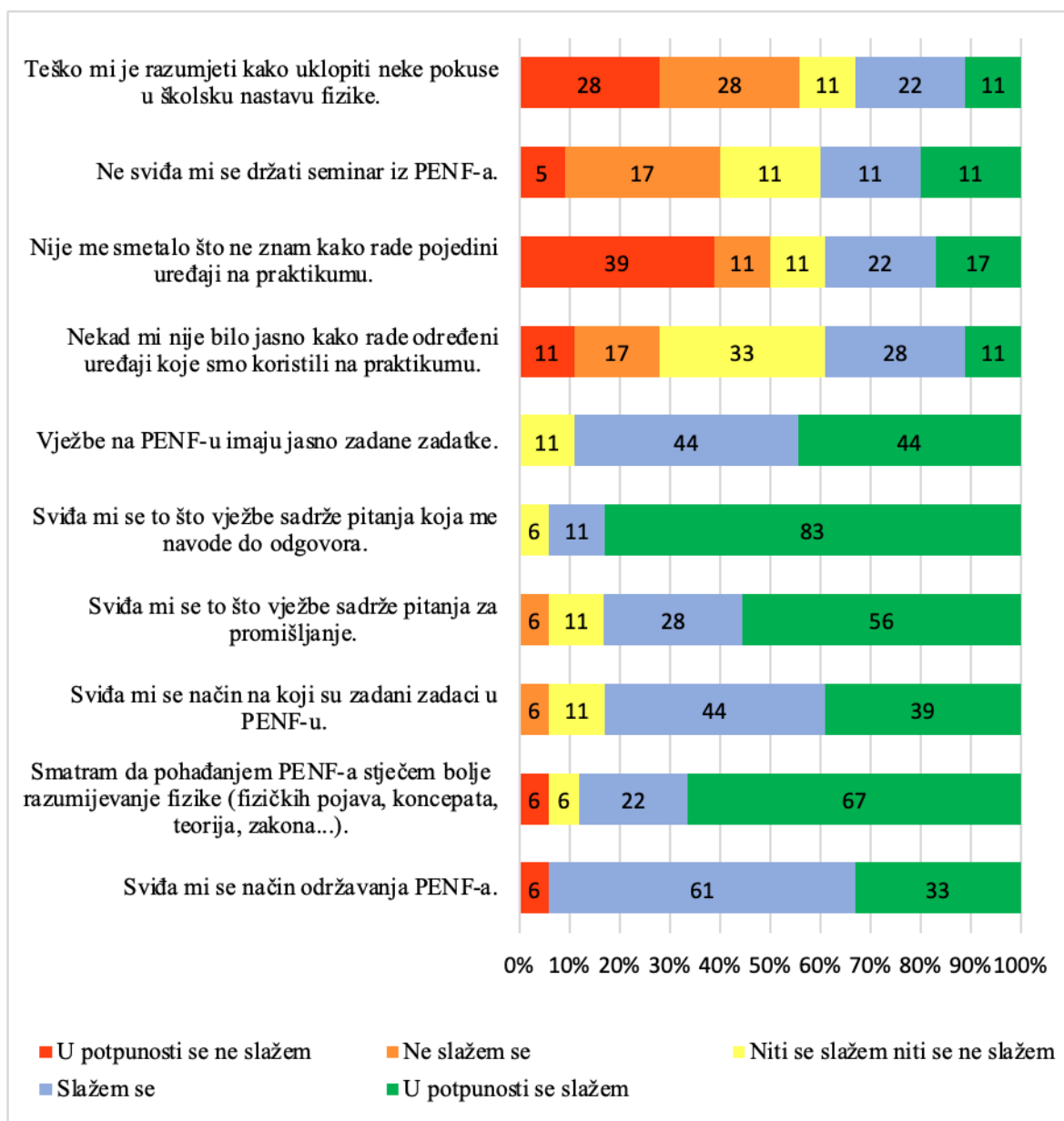


Graf 6. Pregled studentskih ocjena za Praktikum iz eksperimentalne nastave fizike

Odgovori studenata na pitanja o zadovoljstvu Praktikumom iz eksperimentalne nastave fizike nalaze se na grafu 7. Iz odgovora vidimo da su ispitani studenti većinski zadovoljni načinom izvođenja Praktikuma iz eksperimentalne nastave fizike i da smatraju da su pohađanjem istog stekli bolje razumijevanje fizike. Većini studenata sviđa se način na koji su zadani zadaci, što uključuje pitanja za promišljanje i pitanja koja navode do odgovora. Većinski smatraju da su zadaci zadani jasno, iako je većina izjavila da im nekad nije bilo jasno kako rade pojedini uređaji na praktikumu i da ih je to smetalo. Većini studenata nije teško razumjeti kako uklopiti neke pokuse u školsku nastavu fizike, a podijeljeni su što se tiče mišljenja o držanju seminara.

Iz priloženog vidimo da Praktikum iz eksperimentalne nastave fizike najviše nedostaje aspekt komentiranja rezultata i uklapanja praktikumskog sadržaja u školsku nastavu. Poticanje rasprave od strane asistenta na ovu temu bi moglo riješiti problem, kao i potencijalne izmjene u samim radnim listovima. Iako praktikum ima dosta elemenata onog istraživači usmjerenog, kada bi prepustili i osmišljanje eksperimenata studentima oni bi sami morali unaprijed razmišljati o uklapanju istih u školsku nastavu što bi ih bolje pripremilo za budući posao, ali i dalo im potrebno razumijevanje, samopouzdanje i potaknulo kreativnost. I ovom praktikumu bi koristio radni listić kreiran po uzoru na SGO

[9]. Studentima bi radni list mogao poslužiti kao sistematiziran materijal za učenje i kasniju primjenu u nastavi, a voditeljima praktikuma bi osigurao jednostavniji pregled studentskih rezultata, zaključaka i razumijevanja.



Graf 7. Odgovori studenata na pitanja o zadovoljstvu Praktikumom iz eksperimentalne nastave fizike (PENF – Praktikum iz eksperimentalne nastave fizike)

3.2.3.3 Vježba Plinski zakoni

Online video konzultacije trajale su otprilike sat vremena, rad u praktikumu otprilike dva sata, a pošto nismo znali koliko je ispitanicima vremena trebalo kod kuće za samo osmišljanje pokusa, odlučili smo pitanje o ukupnom utrošenom vremenu na vježbu Plinski zakoni postaviti kao pitanje otvorenog odgovora. Čini se da ispitanici nisu najbolje shvatili pitanje, ili ono nije dovoljno jasno postavljeno, jer je značajan broj odgovora o ukupnom utrošenom vremenu manji od dva sata, što znamo da je nemoguće jer su konzultacije i rad u praktikumu bez pripreme kod kuće trajali otprilike tri sata. Ako izuzmemo te odgovore i analiziramo samo one realne, ostajemo na 12 ispitanika koji su u prosjeku odgovorili da im je vježba Plinski zakoni oduzela četiri sata i 25 minuta vremena.

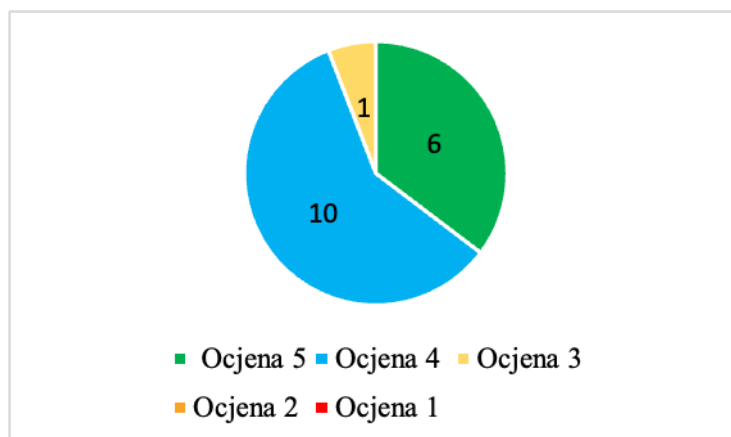
Na pitanje smatraju li način izvođenja vježbe Plinski zakoni učinkovitijim za učenje fizike od načina izvođenja vježbi na Fizičkom praktikumu većina ispitanika je dala afirmativan odgovor, dok je nekolicina ostala suzdržana. Dvoje ispitanika se nije izjasnilo jer se ne sjećaju kako su plinski zakoni obrađeni na Fizičkom praktikumu, a jedan ispitanik je svoj podvojeni odgovor argumentirao ovako: „*I da i ne. Kao priprema za pokuse u nastavi da, kao istraživanje pojava na malo višoj razini ne.*“. Studenti koji smatraju način izvođenja vježbe Plinski zakoni učinkovitijim svoje odgovore su obrazložili slično kao iduća dva ispitanika: „*Da. Bilo je zanimljivo pokušati naći način za eksperimentalno pokazati plinske zakone bez posebne aparature i diskutirati fiziku iza eksperimenta, što bi bilo i korisnije na Fizičkom praktikumu 1-4.*“ i „*Smatram da jest jer priprema zahtjeva promišljanje o stvarima koja se nekako na Fizičkom praktikumu podrazumijevaju, a koji je najviše fokusiran na mjerenja.*“.

Na pitanje smatraju li način izvođenja vježbe Plinski zakoni učinkovitijim za učenje fizike od načina izvođenja vježbi na Praktikum iz eksperimentalne nastave fizike samo je nekoliko ispitanika dalo konkretan odgovor, dok velika većina smatra da ne postoje razlike u učinkovitosti ili im se način izvođenja vježbe Plinski zakon i vježbi na Praktikum iz eksperimentalne nastave fizike jednako svidio. Nekoliko ispitanika ističe i da je način izvođenja vježbi dosta sličan. Jedan ispitanik kaže da su vježbe jednako učinkovite, ali zbog toga što način izvođenja vježbe Plinski zakoni zahtjeva više vremena prednost daje načinu Praktikum iz eksperimentalne nastave fizike. Ispitanik koji smatra novi način učinkovitijim kaže: „*Da, pošto je PENF specijaliziran za nastavu, ovakav način izvođenja*

vježbe nas uvodi u samostalno pripremanje eksperimenata za školu, gdje ćemo raditi s ograničenim resursima.“.

Kao najveću prednost načina rada vježbe Plinski zakoni ispitanici ističu samostalno istraživanje koje budi kreativnost, veći broj primjera eksperimenata za pojedini zakon i konzultacije jer ih tako drugi mogu ispraviti i savjetovati. S druge strane, nedostatkom vježbe smatraju nedostatak preporučene literature i nedostatak opreme, jednostavnost eksperimenata za pojedino gradivo, dugo trajanje praktikuma i nedostatak strukture. Jedan ispitanik smatra da je vrijeme za osmišljanje eksperimenta od tjedan dana bilo prekratko.

Prosječna ocjena koju su studenti dodijelili načinu rada vježbe Plinski zakoni je 4,29. Deset ispitanika je Plinskim zakonima dodijelilo ocjenu vrlo dobar, šest ispitanika je praktikum ocijenilo odličnom ocjenom, a jedan ispitanik ocjenom dobar. Jedan od ispitanika nije odgovorio na ovo pitanje.

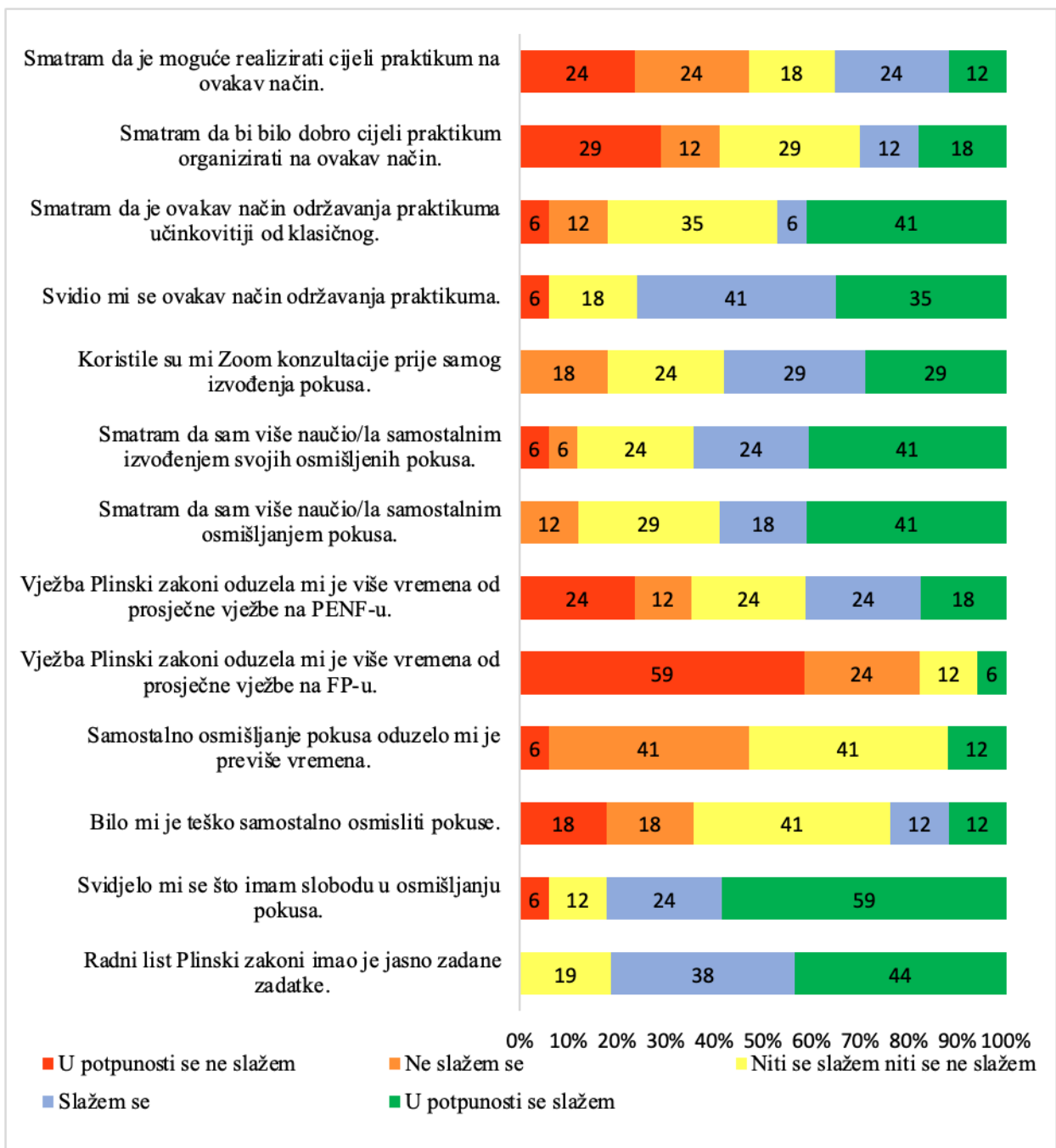


Graf 8. Pregled studentskih ocjena za vježbu Plinski zakoni

Odgovori studenata na pitanja o zadovoljstvu provedenom vježbom iz Plinskih zakona nalaze se na grafu 9. Studentima se većinski svidjelo to što imaju slobodu u osmišljanju pokusa i smatraju da su zbog samostalnosti u osmišljanju i izvođenju osmišljenih eksperimenata više naučili. Većinski se ne slažu s tvrdnjom da je radni list Plinski zakoni imao jasno zadane zadatke. 36% ispitanika se u potpunosti ne slaže ili ne slaže s tvrdnjom da im je bilo teško samostalno osmisliti pokuse, dok se 24% studenata slaže ili u potpunosti slaže s ovom tvrdnjom. 41% studenata se niti slaže niti ne slaže s ovom tvrdnjom. Vježba plinski zakoni oduzela im je manje vremena od prosječne vježbe

na Fizičkom praktikumu, a podijeljeni su po pitanju istog za prosječnu vježbu Praktikuma iz eksperimentalne nastave fizike. Većini studenata su online video konzultacije prije samog izvođenja eksperimenata bile korisne. 41% studenata u potpunosti se slaže s tvrdnjom da je ovakav način održavanja praktikuma učinkovitiji od klasičnog. Iako se većini svidio ovakav način održavanja praktikuma, smatraju da nije moguće cijeli kolegij organizirati na ovakav način, odnosno većinski smatraju da to nije niti poželjno.

Rezultati pokazuju da su studenti sami uvidjeli brojne prednosti ovakvog načina izvođenja praktikuma iako većinski smatraju da ne bi bilo dobro cijeli praktikum organizirati na ovakav način. Moguće da je to radi toga što ovakvim načinom rada izostaje struktura na koju su navikli pa bi dobro rješenje bilo uvesti radni list kreiran po uzoru na SOG [9] kako bi studenti nakon praktikuma imali dobro organizirani materijal za učenje koji potencijalno mogu iskoristiti u budućem radu, a koji bi asistentima omogućio bolji pregled zaključaka. Još jedan od mogućih razlog zašto studenti smatraju da ne bi bilo dobro organizirati cijeli praktikum na ovakav način je zato što ovakav način rada zahtjeva više vremena. Ova vježba je zahtijevala nešto više vremena za provedbu od prosječne vježbe Praktikuma iz eksperimentalne nastave fizike, ali značajno manje vremena od prosječne vježbe Fizičkog praktikuma. No, činjenica je da bi vježbe Fizičkog praktikuma organizirane na ovakav način zahtijevale puno više vremena, a upitno je koliko je uopće moguće uvodni praktikum, prvi s kojim se studenti susreću, organizirati u potpunosti istraživački.



Graf 9. Odgovori studenata na pitanja o zadovoljstvu provedenom vježbom iz Plinskih zakona (FP – Fizički praktikum, PENF – Praktikum iz eksperimentalne nastave fizike)

4 Zaključak i implikacije za provođenje praktikumske nastave

Istraživanja [1] i [3] pokazuju kako konvencionalno organizirani praktikumi nemaju željeni učinak na znanje. Između studenata koji su pohađali teorijske kolegije i praktikum i onih koji su pohađali samo teorijske kolegije, nema statistički značajne razlike u znanju i razumijevanju [1]. Ovako organizirani praktikumi ne potiču razvoj kognitivnih sposobnosti, a restriktivni su i po pitanju razvoja interesa, motivacije, kreativnosti i samostalnosti u radu [3].

S druge strane, kada se donošenje odluka u praktikumskom radu prepusti studentima, a voditelji praktikuma samo pomažu postavljanjem skela [6,7], bilježe se pozitivni utjecaji na više aspekata znanja. Istraživački usmjereni praktikumi, osim što uče studente kako da razmišljaju kao znanstvenici, imaju značajan utjecaj i na razvoj kreativnost, samopouzdanja i motivacije za daljnji rad. Sve od navedenog posebno je potrebno budućim nastavnicima fizike za organizaciju praktikumske nastave u školi, kao i razumijevanje praktikumskih ishoda i svrhovito sastavljanje praktikumskih zadataka koji testiraju jedan do dva ishoda po zadatku [4,5]. Primjeri učinkovito organiziranih istraživački usmjerenih praktikuma su ISLE [8], SQILabs [1], organizacija online praktikuma na Sveučilištu u Beču [2] i SGO [9] vježbe s radnim listićima.

Istraživanje provedeno u sklopu rada dalo je slične rezultate kao i prethodno provedena istraživanja predstavljena u ovom radu. Vježba Plinski zakoni, kreirana po uzoru na primjere učinkovite organizacije istraživačkih praktikuma, potvrdila je pozitivne učinke samostalnog osmišljanja eksperimenata i konzultacija prije izvođenja. Studentima je samostalno osmišljanje eksperimenata potaknulo kreativnost i interes, a rezultiralo je i boljim razumijevanjem jer su samostalno razmišljali o tome što, kako i zašto mjeriti te jesu li dobiveni rezultati valjani. Na taj su način bili uključeni u aktivni proces učenja. Eventualne nesigurnosti uklonjene su na konzultacijama koje su studentima pružile potrebnu potporu i usmjeravanje, a rezultirale su i samopouzdanjem u daljnjem radu.

Ipak, studenti su najbolju prosječnu ocjenu dali Praktikum iz eksperimentalne nastave fizike. Ovaj praktikum ima elemente istraživački usmjerenog, pa time bilježi i pozitivne učinke istih. Prema studentima, nedostaje mu jedino aspekt komentiranja rezultata i uklapanja eksperimenata izvedenih na praktikumu u školsku nastavu fizike. Kada bi i samo osmišljanje eksperimenata bilo prepušteno studentima, oni bi sami morali

unaprijed razmišljati o uklapanju istih u školsku nastavu što bi ih bolje pripremilo za budući posao. Naravno, postavlja se i pitanje omogućuje li vremenski okvir praktikuma ovakvu organizaciju. Pošto je većina ispitanika ipak uvidjela prednosti načina rada vježbe Plinski zakoni, a i nekolicina poželjela više samostalnosti u Praktikum iz eksperimentalne nastave fizike, možda bi najbolje rješenje bilo ubaciti u Praktikum iz eksperimentalne nastave fizike nekoliko potpuno istraživačkih vježbi kreiranih po uzoru na vježbu Plinski zakoni.

Što se tiče organizacije Fizičkih praktikuma, on je konvencionalno organiziran i većina studenata smatra da bi bilo dobro ubaciti više samostalnih dijelova u zadatke istog. Preoblikovanjem zadataka tako da sadrže više istraživačkih elemenata, studenti bi mogli još više razviti svoje praktikumske vještine. Iako istraživački usmjereni zadatci zahtijevaju više vremena, uvođenjem SGO [9] radnih listića umjesto izvještaja moglo bi se djelomično kompenzirati utrošeno studentsko vrijeme. No, potrebna su dodatna istraživanja kako bi se uvidjele mogućnosti organizacije uvodnih praktikuma na istraživački usmjeren ili potpuno istraživački način.

Literatura

- [1] Holmes N. G.; Wieman, C. E.: Introductory physics labs: We can do better, *Physics Today* 71, 1, 38 (2018); doi: 10.1063/PT.3.3816
- [2] Jelacic, K. et al: Lab courses for prospective physics teachers: what could we learn from the first COVID-19 lockdown?, 2022 *Eur. J. Phys.* 43 055701
- [3] Yusiran; Siswanto; Hartono; Subali, B; Ellianawati; Gumilar, S; Sartika, D: Whats wrong with cookbook experiment? a case study of its impacts toward learning outcomes of pre-service physics teachers, Yusiran *et al* 2019 *J. Phys.: Conf. Ser.* 1280 052047
- [4] Prabha, S: Laboratory Experiences for Prospective Science Teachers: A Meta-analytic Review of Issues and Concerns, *European Scientific Journal* December 2016 edition vol.12, No.34 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431
- [5] Nivalainen, V; Asikainen, M. A.; Hirvonen, P. E.: Preservice teachers' objectives and their experience of practical work, *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.* 9, 010102 – Published 7 January 2013
- [6] Rhéaume, C: Inquiry-based labs – more engaging and useful labs, *Eductive*, 2022. <https://eductive.ca/en/resource/inquiry-based-labs-more-engaging-and-useful-labs/>
- [7] Scaffolds to support learning in PE, Early Career Hub <https://my.chartered.college/early-career-hub/scaffolds-to-support-learning-in-pe/>
- [8] Etkina, E; Brookes, D.T.; Planinsic, G.: The Investigative Science Learning Environment (ISLE) <https://www.islephysics.net/>
- [9] Diepenbroek, P; Pols, F: Presentation SGO (Teacher Perspective), GIREP Conference 2022 https://www.researchgate.net/publication/361892745_Presentation_SGO_Teacher_Perspective_GIREP_2022_540p
- [10] Jelacic, K.; Matejak Cvenic, K.: Utjecaj fizičkih praktikuma na učenje fizike, XVI. hrvatski simpozij o nastavi fizike, Tučepi, travanj 2023.
- [11] Kang, N.H.; C. S. Wallace: Secondary science teachers' use of laboratory activities: Linking epistemological beliefs, goals, and practices, *Science teachers education*, 2004.
- [12] Kurikulum nastavnog predmeta fizika za osnovne škole i gimnazije, *Narodne Novine*, 2019. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_01_10_210.html
- [13] Fizički praktikum 1, Prirodoslovno - matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu <http://www.pmf.unizg.hr/phy/predmet/fizpra1>
- [14] Praktikum iz eksperimentalne nastave fizike 1, Prirodoslovno – matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu http://www.pmf.unizg.hr/phy/predmet/pienfl_c