

# Grafički prikazi u zadacima iz fizike za studente medicine

Sanja Dolanski Babić<sup>1</sup>, Planinka Pečina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Zavod za fiziku i biofiziku, Medicinski fakultet, Sveučilište u Zagreb

<sup>2</sup>Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

**Sažetak.** Studenti 1. godine medicine pohađaju obvezni kolegij *Fizika i biofizika* s fondom od 60 sati. Uvjet za izlazak na usmeni ispit je položeni pismeni ispit od 36 pitanja kojeg se studenti mogu osloboditi tako što će imati prolaz na 3 parcijalna testa od po 12 pitanja. Pitanja imaju ponuđena 4 odgovora od kojih je samo jedan točan. Rezultati svih testova se kontinuirano prate dulje od 10 godina. Kao primjer će biti predstavljena analiza rezultata testa održanog ove akademske godine te će biti diskutirani problemi vezani za protokol pripreme i provođenja testiranja kompletne generacije studenata. Također ćemo predstaviti studentske odgovore na više pitanja koja uključuju interpretaciju grafičkog prikaza: ovisnost valne duljine elektrona o količini gibanja, magnetsko polje beskonačno dugog ravnog vodiča o udaljenosti od vodiča, ovisnost volumnog protoka o razlici tlaka u modelu realne tekućine, razumijevanje gradijenta temperature ili koncentracije te ovisnost intenziteta o valnoj duljini rendgenskog zračenja. Diskutirat ćemo studentske poteškoće u interpretaciji grafičkih prikaza, te u povezivanju matematičkih izraza s grafičkim prikazom tom formulom dane funkcionalne ovisnosti. Naime, grafički prikaz je najuniverzalniji jezik stručne i znanstvene literature pa je i njegova interpretacija jedan od važnih ishoda učenja. Posebno ćemo se osvrnuti na razumijevanje koncepta gradijenta, kao promjene fizikalne veličine u prostoru. Predstavljeni zadaci su originalni i neponavljani. Usporedit ćemo i diskutirati dobivene rezultate navedenih zadataka za studente medicine (upisuju se putem razredbenog ispita iz biologije, fizike i kemije) s rezultatima studenata medicine na engleskom jeziku (upisuju se putem razredbenog ispita iz biologije, fizike i kemije) te studenata dentalne medicine (od 2016/17 akademske godine državna matura iz biologije, kemije i fizike, prije je bila potrebna samo državna matura iz jednog od tri navedena predmeta).

**Ključne riječi:** grafički prikazi, zadaci, gradijent, studenti medicine.

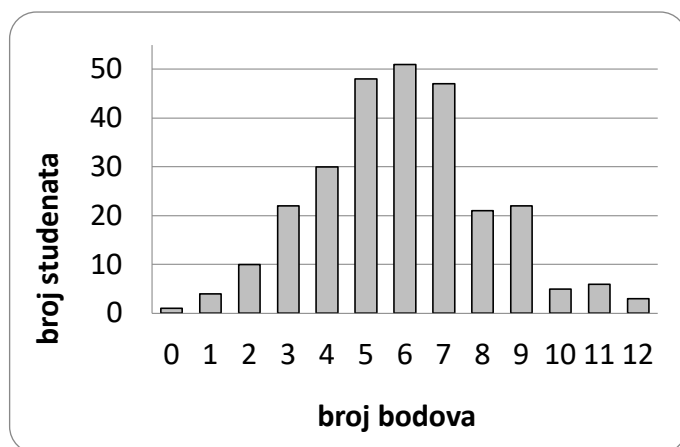
## UVOD

Studenti 1. godine medicine pohađaju obvezni kolegij *Fizika i biofizika* s fondom od 60 sati, koji nosi 6 ECTS bodova [1]. Uvjet za izlazak na usmeni ispit je položeni pismeni ispit sastavljen od 36 pitanja s ponuđena 4 odgovora od kojih je samo 1 točan. Studenti se mogu osloboditi polaganja pismenog ispita tako da na svakom od 3 parcijalna testa imaju barem 7 točnih odgovora na ukupno 12 pitanja. Rezultati svih testova se kontinuirano prate dulje od 10 godina. Kao primjer dobro pripremljenog i provedenog testiranja će biti predstavljena analiza rezultata parcijalnog testa održanog 25.11.2016. Iskustvo nam je pokazalo da je potrebno pripremiti barem 50% novih zadataka da testiranje bude vjerodostojno, jer studenti pamte zadatke i točne odgovore te ih postavljaju na različite forume. Ocjenu pouzdanosti testa i pojedinačnih zadataka možemo dobiti i egzaktno analizirajući parametre dobivene softverskim alatom ParSCORE [2] o čemu će biti više govora u sljedećim poglavljima. Također će biti predstavljeno 5 zadataka s grafičkim prikazima iz različitih područja fizike te će biti dana analiza studentskih rezultata. Odabrani su zadaci i pripadajuće analize studentskih rezultata samo za neponavljane zadatke. Posebno smo motivirani za analizu rezultata zadataka s grafičkim prikazom jer se studenti medicine već na 2. godini suočavaju s problemom analize

grafova tijekom pohađanja kolegija *Fiziologija*. Udžbenik ima 85 poglavlja i u svakom je nekoliko grafičkih prikaza [3]. Radi bolje analize rezultata studenata medicine predstavljeni su i rezultati studenata 1. godine dentalne medicine koji pohađaju obvezni kolegij *Fizika* (60 sati, 6 ECTS bodova) te studenata 1. godine medicine na engleskom jeziku, čiji je nastavni program identičan onome na hrvatskom studiju. Uvjeti polaganja ispita su za sve kolegije jednaki. Studenti medicine tijekom 4. godine studiranja upisuju još jedan obvezni kolegij iz fizike. Kolegij se zove *Fizika medicinske dijagnostike*, turnus traje 5 dana (20 sati) i kolegij nosi 1 ECTS, a za prolaz je potrebno samo zadovoljiti kriterije na pismenom ispitu.

## PROVEDBA I ANALIZA PISMENIH ISPITA

Parcijalni testovi se održavaju istovremeno u 3 najveće dvorane na Medicinskom fakultetu u dvije grupe. Naime, svi studenti prve godine koji su upisali kolegij mogu pristupiti parcijalnim testovima, a to znači njih oko 310. U jednom navratu u sve 3 dvorane može 155 studenata pristupiti ispitu tako da neometano i samostalno rješava test. Trenuci podjele testova, skupljanja testova i obrazaca te izlaska prve grupe studenata su vrlo osjetljivi. Ako se savršeno ne koordiniraju (kontroliraju) studenti u svim dvoranama, studenti prve grupe mogu stupiti u kontakt sa studentima druge grupe. Dvorane, u kojima se provode parcijalni ispiti, imaju dvoja vrata pa na jedna studenti prve grupe izlaze, a na druga vrata studenti druge grupe ulaze. Parcijalni testovi se rješavaju 20 minuta. Kao primjer vrlo dobro izvedenog testiranja je dan drugi parcijalni test za studente medicine u ovoj akademskoj godini. S obzirom na broj zaposlenih nastavnika i asistenata na Zavodu za fiziku i biofiziku (ukupno 6) i uz dobru organizaciju smo svjesni velike vjerojatnosti propusta pri provedbi pismenog testiranja. Na slici 1 možemo vidjeti uspješnost 274 studenata medicine koji su pristupili analiziranom parcijalnom testu. Samo 1 student nije imao niti jedan točan odgovor, porastom broja točnih odgovora očekivano raste i broj studenata koji ih imaju. Najveći broj studenata (20,8%) ima 6 točnih odgovora. Barem 7 točnih odgovora je potrebno za prolaz što je zadovoljilo samo 40% studenata. Samo 5 studenata od ukupno 274 je imalo 10 bodova, 6 ih je imalo 11 bodova, a 3 studenta su točno odgovorili na svih 12 pitanja.



SLIKA 1: Rezultati parcijalnog testa za 274 studenata medicine 1. godine održanog 25.11.2016.

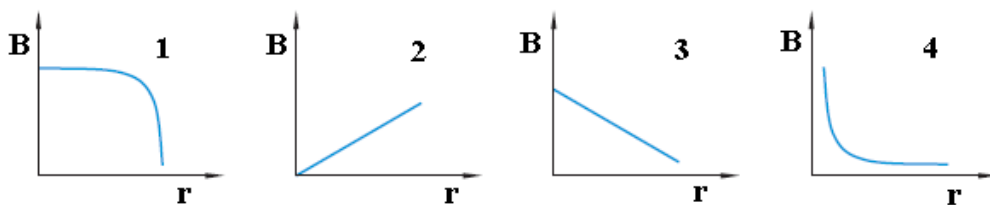
Testovi se pripremaju upisom pitanja u bazu koju podržava softverski alat ParTEST. Baza Zavoda je pohranjena na jednom računalu, koje nije spojeno na mrežu. Postoji mogućnost pripreme više verzija (grupa) testa s istim pitanjima promjenom redoslijeda pitanja i/ili promjenom redoslijeda ponuđenih odgovora. Rezultate studenti upisuju na službene obrasce tako što zacrne olovkom kvadratiće koji označavaju točne odgovore. Obrada obrazaca i analiza

testa se provodi softverskim alatom ParSCORE instaliranim samo na jednom računalu spojenom na optički čitač, za kojeg je odgovoran djelatnik Medicinskog fakulteta. Izvještaj s popratnim parametrima testa i pojedinačnih zadataka je izvor vrlo korisnih informacija [2]. Između ostalih parametara izračunava se prosječan broj bodova po studentu (engl. *Mean Score*) koji je za analizirani test 5,93. To je u skladu i s rezultatima prikazanim na slici 1, koja je naknadno pripremljena nakon što smo imali uvid u cijelu rang listu studenata. Također, u izvještaju se navodi izračunati koeficijent pouzdanosti testa (KR20) koji ovisi o koeficijentima pouzdanosti za svako pitanje te o broju postavljenih pitanja na testu. Za analizirani parcijalni test koeficijent pouzdanosti je 0,51 što nije dovoljno dobro. Potrebno je analizirati koeficijente pouzdanosti svakog pitanja (engl. *Point Biserial Correlation Coefficient*, kraće RBC) i ako su svi zadovoljavajući možemo zaključiti da je koeficijent pouzdanosti testa nedovoljan zbog vrlo malog broja postavljenih pitanja na parcijalnom testu (12 pitanja).

## ANALIZA ZADATAKA

Analiza ParSCORE pojedinačnih zadataka daje postotak studenata koji su točno odgovorili na postavljeno pitanje. Nadalje, izračunava koliki je udio studenata točno odgovorio na pitanje iz grupe najbolje rangiranih studenata na testu (prvih 27%). Također, izračunava koliki je udio studenata točno odgovorio na pitanje iz grupe najlošije rangiranih studenata na testu (posljednjih 27%). Sve te navedene vrijednosti određuju koeficijent pouzdanosti pitanja (RBC). Koeficijent pouzdanosti pitanja jednak ili veći od 0,3 definira postavljeno pitanje kao vrlo dobro. Za vrijednosti RBC između 0,2 i 0,29 pitanje je dovoljno dobro, a za još niže vrijednosti se preporuča preraditi pitanje. Za pitanja čiji su koeficijenti pouzdanosti manji od 0,09 preporuča se izbaciti ih iz baze pitanja [2]. Zadatke su rješavali studenti medicine (u daljnjem tekstu radi jednostavnosti MF), studenti dentalne medicine (SF) te studenti medicine na engleskom jeziku (MSE).

Zadatak 1. Koji graf prikazan na slici 2 točno opisuje ovisnost magnetskog polja beskonačno dugog vodiča kroz kojeg protječe struja o udaljenosti od vodiča,  $r$ ?



SLIKA 2: Ponudeni odgovori u zadatku 1.

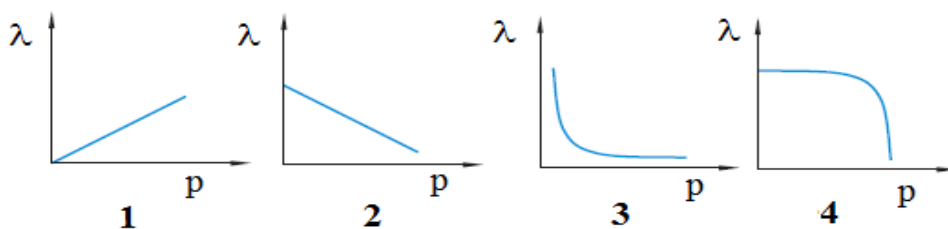
TABLICA 1. Studentski odabir ponuđenih odgovora izražen u postocima za zadatak 1. MF je oznaka za studente medicine, MSE za studente medicine na engleskom jeziku, a SF za studente Stomatološkog fakulteta u Zagrebu.

	Graf 1 (u %)	Graf 2 (u %)	Graf 3 (u %)	Graf 4 (u %)
MF	4,0	5,1	28,8	61,7
MSE	10,5	2	31	56,3
SF	5	6,7	51,7	36,7

274 studenta medicine je rješavalo gore navedeni zadatak, 48 studenata medicine na engleskom jeziku i 60 studenata dentalne medicine. Detaljni rezultati su prikazani u tablici 1. Za graf označen s brojem 1 odlučilo se 11 studenata MF (4%), skoro pa jednaki udio studenata SF i

nešto više studenata MSE. Isto tako sporadičan je izbor grafa 2. Međutim, značajan broj studenata medicine MF, čak njih 79 od 274 je prepoznalo padajuću linearnu funkciju kao funkciju koja opisuje magnetsko polje oko ravnog vodiča. Vrlo sličan rezultat su pokazali studenti medicine na engleskom jeziku. Više od polovice studenata dentalne medicine, čak 51,7% se odlučilo za graf 3. Graf 4 kao točan odgovor je prepoznala većina studenata medicine i na hrvatskom (61,7%) i na engleskom programu (56,3%), dok u grupi SF njih samo 36,7%. Treba primijetiti da su studenti engleskog studija, iako imaju lošije predznanje, pokazali vrlo dobar rezultat. S druge strane, iznenađujući je loš rezultat studenata dentalne medicine. Analiza ParSCORE je pokazala da je ovo pitanje u testu za studente MF vrlo dobro, koeficijent pouzdanosti pitanja je 0,41 što je dosta iznad granice od 0,3. Čak 83,78% najboljih studenata (prvih 27% rangiranih studenata na ovom testu) je točno odgovorilo na pitanje, a samo 33,78% najlošijih (zadnjih 27% rangiranih studenata na ovom testu) što znači da je postavljeno pitanje pokazalo koji su studenti bolje pripremljeni. U slučaju MSE koeficijent pouzdanosti pitanja je skoro jednak (0,4), a kod studenata dentalne medicine RBC je niži i iznosi 0,29 jer je samo 50% najbolje rangiranih studenata točno odgovorilo na pitanje te 18,8% najmanje uspješnijih studenata na testu.

Zadatak 2: Koji od predloženih grafova (slika 3) prikazuje ovisnost de Broglieove valne duljine elektrona o njegovoj količini gibanja?



SLIKA 3: Ponuđeni odgovori u zadatku 2.

TABLICA 2. Studentski odabir ponuđenih odgovora izražen u postocima za zadatak 2. MF je oznaka za studente Medicinskog fakulteta, a SF za studente Stomatološkog fakulteta u Zagrebu.

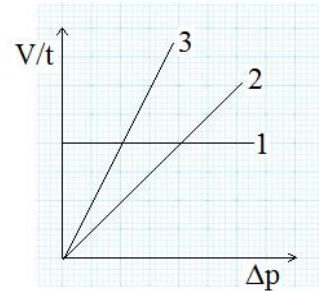
	Graf 1 (u %)	Graf 2 (u %)	Graf 3 (u %)	Graf 4 (u %)
MF	13	14,3	64,7	4
SF	31	18	37	13,5

Gore navedeno pitanje je rješavalo 306 studenata MF koliko ih je pristupilo 1. parcijalnom testu održanom 3.11.2014. godine. 13% studenata MF je prepoznalo linearnu funkciju, prikazanu pravcem koji prolazi kroz ishodište, kao funkciju koja opisuje ovisnost valne duljine o količini gibanja elektrona. Detaljni rezultati za studente MF i SF su dani u tablici 2. S druge strane, čak 31% studenata dentalne medicine od ukupno 104 studenta (testiranje je održano 24.11.2014.) je prepoznalo graf 1 kao odgovarajući. Graf označen s brojem 2 je bio izbor točnog odgovora za 14,3% studenata MF i 18% studenata SF. Točan odgovor (graf 3) je prepoznalo 64,7% studenata MF, ali samo 37% studenata SF. Graf 4 je bio odgovor zanemarivih 4% studenata MF i 13,5% studenata SF. Vrlo su očite slabije kompetencije studenata dentalne medicine. Treba naglasiti da su prikazani rezultati testiranja SF za 2014/15 kad su se upisivali studenti na osnovu školskog uspjeha, državne mature iz matematike, hrvatskog, stranog jezika i jednog od predmeta: biologija, kemija i fizika. Većina upisanih studenata je pristupila polaganju državne mature samo iz biologije. Također je korisno znati da je na predavanjima iz fizike ponovljena de Broglieova relacija, ali nije dan grafički prikaz ovisnosti valne duljine elektrona o količini gibanja. Međutim, u isto vrijeme su asistenti tijekom uvodnih praktičnih vježbi jedan sat

ponavljali osnovne matematičke funkcije: linearnu, recipročnu ovisnost, eksponencijalnu i logaritamsku. Analiza ParSCORE je pokazala da je ovo pitanje u testu za studente MF vrlo dobro jer je koeficijent pouzdanosti pitanja 0,3. Čak 81,93% najbolje rangiranih studenata na testu (prvih 27%) je točno odgovorilo na ovo pitanje, ali i 47% najlošije rangiranih (zadnjih 27%). U slučaju SF koeficijent pouzdanosti pitanja je malo viši (0,34) jer su se uspješniji studenti bolje razdvojili od manje uspješnih na osnovu odgovora na ovo pitanje. 60,71% najbolje rangiranih studenata je točno odgovorilo na pitanje i 21,43% najneuspješnijih studenata na testu.

Zadatak 3: Graf na slici 4 prikazuje ovisnost volumnog protoka o razlici tlaka za 3 različite tekućine označene s brojevima 1, 2 i 3. Koja tvrdnja je ispravna?

- Hidraulički otpor tekućine 1 je veći od hidrauličkog otpora 2.
- Volumni protok tekućina 1 i 2 su neovisni o razlici tlakova.
- Hidraulički otpor tekućine 3 je manji od hidrauličkog otpora 2.
- Volumni protok tekućine 2 je veći od volumnog protoka tekućine 3 za male razlike tlaka.

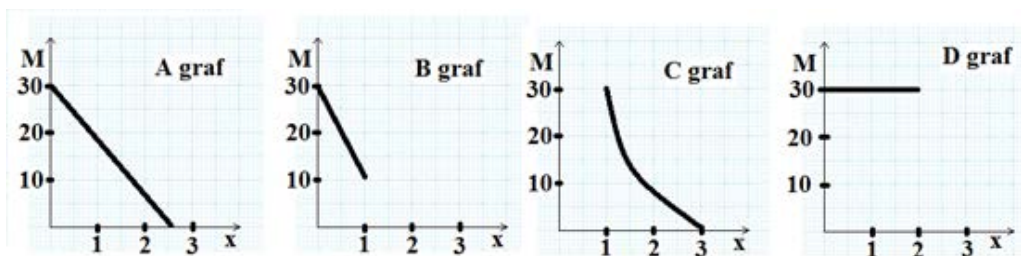


SLIKA 4: Volumni protok u ovisnosti o razlici tlaka u cijevi.

Volumni protok je obrnuto proporcionalan hidrauličkom otporu u cijevi. Studenti su trebali povezati pojam koeficijenta smjera pravca (nagiba pravca) i hidraulički otpor te uočiti da onaj pravac koji ima veći nagib prikazuje volumni protok tekućine s manjim hidrauličkim otporom u cijevi. Odgovor *a* kao točan je prepoznalo 30 od ukupno 300 studenata medicine koliko ih je pristupilo 1. parcijalnom testu održanom 31.10.2016., a 8,9% studenata SF što prikazuju podaci uneseni u tablicu 3. Odgovor *b* kao točan je prepoznalo samo 3% studenata MF i 2,2% SF. Volumni protok prikazan pravcem 1 je konstantan, što je moguće samo u modelu idealne tekućine što je većina studenata znala. Točan odgovor označen sa *c* je prepoznalo čak 83% studenata MF, ali i 76% studenata SF. Treba napomenuti da u okviru nastave za studente dentalne medicine nije analiziran graf koji prikazuje ovisnost volumnog protoka o razlici tlaka dok su studenti medicine analizirali sličan graf u okviru seminara o reološkim svojstvima krvi. Očito je da studenti bolje razumiju linearnu funkciju od funkcije recipročne ovisnosti kako su pokazali svojim rezultatima u zadacima 1 i 2. Analiza ParSCORE je pokazala da je ovo pitanje u testu za studente MF dovoljno dobro, koeficijent pouzdanosti pitanja je 0,27 jer je čak 93,83% najbolje rangiranih studenata na testu (prvih 27%) točno odgovorilo na pitanje, ali i 47% najlošije rangiranih (zadnjih 27%). U slučaju SF pitanje je slabije pouzdano (RBC = 0,22) jer je 79,17% najbolje rangiranih studenata odgovorilo točno, ali i 66,7% najlošijih. Dakle, pitanje nije dovoljno dobro razdvojilo uspješne od manje uspješnih studenata.

TABLICA 3. Studentski odabir ponuđenih odgovora izražen u postocima za zadatak 3. MF je oznaka za studente Medicinskog fakulteta, a SF za studente Stomatološkog fakulteta u Zagrebu.

	Graf 1 (u %)	Graf 2 (u %)	Graf 3 (u %)	Graf 4 (u %)
MF	10	3	83	4
SF	8,9	2,2	75,6	13,3



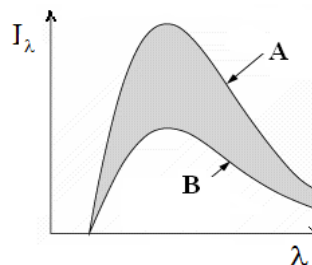
SLIKA 5: Ponuđeni odgovori u zadatku 4.

Ovaj zadatak je postavljen samo studentima medicine ovogodišnje generacije, a parcijalnom testu ih je pristupilo 274. Grafi A je prepoznalo kao točan odgovor 65 studenata MF (23,7%), grafi B kao prikaz najvećeg stalnog gradijenta je prepoznalo samo 28,9% studenata od kojih je čak 46% iz grupe najbolje rangiranih studenata na ovom parcijalnom testu i puno manje, 17,6% (13 studenata od 274) iz grupe najlošije rangiranih studenata pa je koeficijent pouzdanosti pitanja 0,33 što pitanje određuje kao vrlo dobro. Grafi C kao točan odgovor je prepoznalo 7,3%. Očekivano puno studenata, čak 39%, prepoznalo je grafi D kao točan. Pojam gradijenta je težak i poznato nam je da studenti medicine nemaju dovoljno znanja iz matematike da bi egzaktno razumjeli pojam gradijenta. Cilj nastavnika je osvijestiti njihovo neznanje i nerazumijevanje pojma gradijenta kojeg tako često i olako koriste u biologiji, kemiji i kasnije u fiziologiji [1, 3, 4]. Na nastavi kolegija *Fizika i biofizika* stacionarna kondukcija je definirana kao prijenos topline toplinskim vodičem pri stalnom temperaturnom gradijentu. Također, opisujući slobodnu stacionarnu difuziju 1. Fickovim zakonom naglašava se ponovo značenje gradijenta, u ovom slučaju gradijenta koncentracije.

Posljednje pitanje je vezano za grafički prikaz intenziteta rendgenskog zračenja o valnoj duljini. Zadatak su rješavali studenti medicine 4. godine na pismenom ispitu iz kolegija *Fizika medicinske dijagnostike* održanom 24.05.2012. te studenti dentalne medicine 1. godine na ispitu održanom 28.01.2013. godine, a detaljni rezultati se nalaze u tablici 4. Studentski rezultati vrlo sličnog zadatka su predstavljeni i u drugim radovima [4-6].

Zadatak 5: Grafi na slici 6 prikazuje ovisnost intenziteta rendgenskog zračenja po jedinici valne duljine,  $I_\lambda$  o valnoj duljini,  $\lambda$ . Krivulja A prikazuje rendgenski spektar za anodni napon 40 kV i struju elektrona unutar rendgenske cijevi od 10 mA. Koji odgovor točno opisuje krivulju B?

- Spektar je postao tvrdi, prodorniji jer se anodni napon povećao na 50 kV.
- Struja elektrona u rendgenskoj cijevi se smanjila na 5 mA.
- Spektar je postao mekši, manje prodoran jer se anodni napon smanjio na 30 kV.
- Struja elektrona u rendgenskoj cijevi se povećala na 15 mA.



SLIKA 6: Ovisnost intenziteta rendgenskog zračenja o valnoj duljini.

Zaokruživši odgovor *b*, 61% studenata MF i nešto manje studenata SF (44,6%) je točno odgovorilo na pitanje. Analiza ParSCORE je pokazala da je ovo pitanje u testu za studente MF vrlo dobro jer je koeficijent pouzdanosti pitanja čak 0,44, a također i za studente SF je ocjena pitanja visoka (0,46). Veliki udio studenata (oko 27%) obje grupe zaokruživanjem odgovora *c* je pokazalo da ima ozbiljnih poteškoća u „čitanju“ grafičkog prikaza intenziteta rendgenskog zračenja u ovisnosti o valnoj duljini.



**TABLICA 4.** Studentski odabir ponuđenih odgovora izražen u postocima za zadatak 5. MF je oznaka za studente medicine 4. godine, a SF za studente dentalne medicine 1. godine.

	a (u %)	b (u %)	c (u %)	d (u %)
MF	8	61	28,7	2,2
SF	13,5	44,6	27	14,9

Grafički prikaz je uobičajen u stručnoj i znanstvenoj literaturi jer omogućuje brzu usporedbu podataka, izvođenje zaključaka, stvaranje pretpostavki i praćenje trendova. Vještinu čitanja i interpretacije grafa potrebno je razvijati tijekom nastave fizike jer je nužan alat u radu svakog budućeg kompetentnog stručnjaka pa tako i doktora medicine. Rezultati Kohla i Finkelsteina pokazuju kako metodički pristup u kojem je grafički prikaz značajnije zastupljen pozitivno utječe na uspjeh studenata fizike, ali i na razvijanje njihovih prezentacijskih vještina [7]. Autori Bowen i Roth su kompetencije interpretacije grafičkog prikaza također ocijenili kao iznimno važne za uspjeh studenata fizike znanstvenog i edukacijskog usmjerenja [8].

## ZAKLJUČAK

Iz rezultata predstavljenih u ovom radu možemo zaključiti da veći dio studenata medicine povezuje grafički i eksplicitni oblik linearne funkcije što nažalost nije slučaj za funkciju recipročne ovisnosti. Čak je dvije trećine ovogodišnjih studenata medicine prve godine pokazalo nerazumijevanje koncepta gradijenta rješavajući zadatak s grafičkim prikazom. Parametri dobiveni ParSCORE alatom pokazuju da su svi analizirani zadaci s grafičkim prikazom vrlo pouzdani jer nedvojbeno razdvajaju studente koji su usvojili ishode učenja od onih koji to još nisu. Mišljenja smo da grafički prikazi trebaju biti značajno zastupljeni na nastavi fizike.

## ZAHVALA

Zahvaljujemo se svim članovima Zavoda za fiziku i biofiziku Medicinskog fakulteta u Zagrebu za odgovorno sudjelovanje u pripremi i provedbi pismenih ispita te Jurici Karakašu za pomoć prilikom obrade testova. Posebno se zahvaljujemo kolegici Maji Balarin na podršci i vrlo korisnim diskusijama.

## LITERATURA

1. S. Dolanski Babić, *Fizika i biofizika za studente medicine*, Zbornik radova 11. hrvatskog simpozija o nastavi fizike, Zagreb, 2013.
2. Scantron, *ParSCORE for Windows User's guide*, Tustin, the United States of America, 2000.
3. Guyton i Hall, *Medicinska fiziologija*, Medicinska naklada, Zagreb, 2017.
4. J. Brnjas-Kraljević i D. Krilov, *Fizika za studente medicine*, Medicinska naklada, Zagreb, 2012.
5. S. Dolanski Babić i M. Kosović, *The perspective of the course „Physics of Medical Diagnostics“ for students of medicine*, 7th Alpe-Adria Medical Physics Meeting Proceedings, Zagreb, 2016.
6. S. Dolanski Babić, *Što studenti Medicinskog fakulteta u Zagrebu mogu naučiti o zaštiti od zračenja na nastavi iz fizike*, Zbornik radova jedanaestog simpozija Hrvatskog društva za zaštitu od zračenja, Osijek, 2017. (u pripremi)
7. P. B. Kohl and N. D. Finkelstein, *Effect of instructional environment on physics student's representational skills*, Phys. Rev. ST. Phys. Educ. Res. **2**, 010102 (2006)
8. G. M. Bowen and W. Roth, *Graph Interpretation Practices of Science and Education Majors*, Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education, 499-512 (2003)