

Učeničke poteškoće u kinematici

Boras, Karolina

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:217:035276>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-15**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO–MATEMATIČKI FAKULTET
MATEMATIČKI ODSJEK

Karolina Boras

UČENIČKE POTEŠKOĆE U
KINEMATICI

Diplomski rad

Zagreb, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO–MATEMATIČKI FAKULTET
MATEMATIČKI ODSJEK

Karolina Boras

UČENIČKE POTEŠKOĆE U
KINEMATICI

Diplomski rad

Voditelj rada:
Izv. prof. dr. sc. Maja Planinić

Zagreb, 2023.

Ovaj diplomski rad obranjen je dana _____ pred ispitnim povjerenstvom u sastavu:

1. _____, predsjednik
2. _____, član
3. _____, član

Povjerenstvo je rad ocijenilo ocjenom _____.

Potpisi članova povjerenstva:

1. _____
2. _____
3. _____

Želim se iskreno zahvaliti svojoj mentorici na izuzetnoj podršci i stručnoj pomoći tijekom pisanja ovog diplomskog rada.

Hvala mojoj mami, sestri, bratu, prijateljima i rodbini na bezgraničnoj podršci, ljubavi i svakoj molitvi.

Najveća hvala i slava Bogu na Njegovoj providnosti i milosti dok sam koračala ovim putem.

SADRŽAJ

1 UVOD.....	1
2 PREGLED LITERATURE.....	5
3 METODOLOGIJA.....	11
4 REZULTATI ISTRAŽIVANJA	13
4.1. Bodovanje	13
4.2. Opća riješenost	15
4.3. Analiza rezultata po zadacima.....	17
4.3.1. Zadatak 1.....	18
4.3.2. Zadatak 2.....	20
4.3.3. Zadatak 3.....	23
4.3.4. Zadatak 4.....	25
4.3.5. Zadatak 5.....	27
4.3.6. Zadatak 6.....	30
4.3.7. Zadatak 7.....	32
4.3.8. Zadatak 8.....	35
4.3.9. Zadatak 9.....	37
4.3.10. Zadatak 10.....	40
4.3.11. Zadatak 11.....	43
4.3.12. Zadatak 12.....	45
4.3.13. Zadatak 13.....	47
4.3.14. Zadatak 14.....	50
4.3.15. Zadatak 15.....	53
4.4. Obrada rezultata po kategorijama.....	54
4.4.1. Problem nagiba grafa.....	55

4.4.2. Problem površine ispod grafa.....	56
4.5.Usporedba hrvatskih i američkih ispitanika.....	56
5. ZAKLJUČCI I IMPLIKACIJE ZA NASTAVU.....	59
6. LITERATURA.....	61
7. SAŽETAK	62
8. SUMMARY.....	63
9. ŽIVOTOPIS.....	64

1. UVOD

U Republici Hrvatskoj učenici uče fiziku kao samostalan predmet od sedmoga razreda osnovne škole do kraja srednjoškolskoga obrazovanja u većini četverogodišnjih srednjih škola. Sadržaj predmeta Fizika podijeljen je na četiri domene [1], a jedna od njih je Gibanje. S gibanjem kao fizikalnom pojavom učenici se prvi put susreću u osmome razredu osnovne škole. Jedan od načina kako se u nastavi fizike prikazuju gibanje je grafički prikaz, no upravo takav prikaz učenicima često zadaje poteškoće u razumijevanju fizike.

Grafički prikazi su važno sredstvo poučavanja u nastavi fizike i odličan primjer interdisciplinarnosti, jer se uče i u matematici i u fizici, a koriste se i u mnogim drugim područjima kao i u svakodnevnom životu. [2]

Edukacijska istraživanja u fizici pomogla su identificirati neke najčešće učeničke poteškoće s interpretiranjem grafova u kinematici, gdje se grafovi najčešće prvi puta susreću u kontekstu fizike. Provedeno je više istraživanja koja ukazuju na slične probleme u svijetu. Neki od najčešće uočenih problema su tretiranje grafa kao slike, nerazlikovanje nagiba i visine grafa, zamjena točke i intervala i poteškoće s određivanjem površine ispod grafa. [2]

1. Tretiranje grafa kao slike

Učenici, posebno u osnovnoj školi, imaju tendenciju graf promatrati kao sliku putanje tijela. Ukoliko je graf pravac s negativnim nagibom, učenici će smatrati da predstavlja gibanje tijela nizbrdo, ako je zakrivljen, onda je i putanja zakrivljena. Učenicima je teško razumjeti da graf opisuje vezu među varijablama koje su prikazane na osima grafa. [2]

2. Nerazlikovanje nagiba i visine grafa

Učenici nerijetko nagib grafa poistovjećuju s visinom grafa te smatraju da se nagib pravca povećava, zato što se visina povećava, ne uočavajući da je nagib pravca stalna vrijednost. Određivanje nagiba pravca u grafu učenicima nije jednostavno. U svladavanju ove

poteškoće korisnim se pokazalo koristiti tzv. trokut nagiba, tako da se nađu dvije točke pravca, koje je lako očitati, te se nacрта pripadni trokut kojemu s nagib odredi kao omjer prirasta veličina na ordinati i apscisi. [2]

3. Zamjena točke i intervala

Ovo je zaista jedna česta učenička pogreška pri intepretiranju grafova, koja se sastoji u tome da učenici veličine koje bi trebali odrediti pomoću intervala, umjesto toga pokašavaju odrediti iz jedne točke grafa, npr. odrediti brzinu iz s-t grafa dijeleći koordinate jedne točke grafa umjesto korištenja dviju točaka, odnosno već spomenutog *trokuta nagiba*. [2]

4. Poteškoće s interpretacijom površine ispod grafa

Ova poteškoća uvelike zahvaća učenike u srednjoj školi, jer od učenika u osnovnoj školi ne zahtijevamo interpretaciju površine ispod grafa. Osim u naučenim primjerima, učenici rijetko kada ispravno interpretiraju značenje površine ispod grafa, a i kod naučenih primjera najčešće ne razumiju zašto su neke fizičke veličine prikazane površinom u grafu, a ponekad i o kojoj se površini točno radi. [2]

Kinematika se prema Nacionalnom kurikulumu Fizike [1] spominje prvi puta u osmome razredu osnovne škole te se nastavlja obrađivati u prvome razredu srednje škole.

Učenici osmoga razreda se upoznaju s gibanjem kroz primjere iz svakodnevnog života kao što su hodanje, trčanje, vožnja automobilom ili let ptica. Veliku važnost imaju eksperimenti u nastavi fizike kako bi učenici mogli razumjeti osnovne koncepte gibanja kao dio svakodnevnice koja ih okružuje. Nakon što uvedemo pojmove puta, pomaka, brzine, srednje brzine i vremenskog intervala, učenici osvješćuju potrebu prikazivanja gibanja grafički. Prednost grafičkog prikaza gibanja u nastavi fizike je zornost i velik broj informacija koje graf može sadržavati. U osnovnoj školi učenici analiziraju jednoliko i nejednoliko gibanje duž pravca te grafički prikazuju vremensku ovisnost puta i brzine te brzine i akceleracije. Prelaskom u srednju školu, učenici proširuju svoje znanje o grafovima korištenjem digitalnih alata i eksperimenata u nastavi fizike. Sada učenici interpretiraju prealjeni put kao površinu između $v-t$ grafa i osi apscise te promjenu brzine kao površinu u $a-t$ grafu jednoliko ubrzanoga gibanja. Na temelju jednoga grafa gibanja,

u stanju su konstruirati druge pripadne grafove. Bitno je staviti naglasak na grafove gibanja u nastavi fizike i kontinuirano ih primjenjivati u nastavi fizike te povezivati algebarski i grafički opis gibanja kako bi učenici kasnije tu sposobnost mogli prenijeti u druga područja fizike [2].

S linearnom funkcijom, odnosno linearnom ovisnošću kako ju nazivamo u osnovnoj školi, učenici se prvi put susreću u sedmome razredu osnovne škole prema Nacionalnom kurikulumu Matematike [3].

U matematici, u sedmome razredu osnovne škole, učenici grafički prikazuju i analiziraju linearnu ovisnost, a u osmome razredu ponovno spominju linearnu ovisnost, povezuju je s jednadžbom pravca te tumače koeficijente a i b u jednadžbi pravca $y = ax + b$.

Tada raspravljamo s učenicima što ti koeficijenti predstavljaju u jednadžbi pravca te učenici na temelju analognih primjera dolaze do zaključka da je pravac strmiji što je koeficijent a veći po apsolutnoj vrijednosti. Zatim učenici primjećuju da pozitivan koeficijent a označava rastući pravac, a negativan koeficijent a označava padajući pravac te konačno koeficijent a povežujemo s pojmom nagiba pravca.

Kinematika, kao grana fizike, odnosno mehanike bavi se proučavanjem gibanja tijela koje je prirodna i svakodnevna pojava pa bismo možda mogli pomisliti da će i učenicima biti bliska i lako shvatljiva, no ipak nije tako. Gibanje tijela je učenicima zahtjevan fizikalni koncept unatoč tomu što se često spominje i dosta obrađuje u školama, a razlog uvelike leži u grafičkom prikazu tih gibanja. Znanja o grafovima iz matematike učenici teško prenose u fiziku, bez obzira što imaju potrebno matematičko predznanje [4]. Transfer znanja se neće najčešće dogoditi spontano, nego ga treba poticati u nastavi.

Nadalje, koncept površine ispod grafa također predstavlja izazov učenicima, najčešće zbog netočne interpretacije značenja te iste površine u fizičkim kontekstima, iako znaju matematički izračunati površinu. Upravo ove navedene poteškoće s kojima se susreću učenici, pa i ja kao učenica i nastavnica, potaknule su me da istražim koji su to uzroci nerazumijevanja grafičkih prikaza gibanja kod učenika.

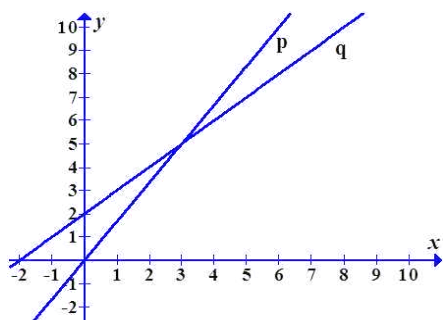
Svrha ovoga diplomskoga rada je istražiti razumijevanje grafičkih prikaza različitih gibanja kod učenika u prvom razredu srednje škole. Provela sam istraživanje među učenicima opće i prirodoslovno – matematičke gimnazije, kako bih ispitala učeničko razumijevanje zadanih grafičkih prikaza. Istraživanje je usmjereno na poteškoće koje možemo podijeliti u dvije osnovne skupine: problem nerazumijevanja nagiba grafa i površine ispod grafa.

2. PREGLED LITERATURE

U svijetu je provedeno puno istraživanja među učenicima srednje škole i studentima kako bi se ispitalo njihovo razumijevanje grafova. Jedno od prvih, na kojem se temelji i ovaj rad je istraživanje R. Beichnera na Sveučilištu u Sjevernoj Karolini, SAD, 1994. godine [5]. Naime, proveo je istraživanje na 895 američkih srednjoškolskih učenika i studenata kako bi istražio njihove poteškoće u tumačenju grafičkih prikaza gibanja i predložio model za izradu daljnjih istraživačkih testova. Proučavajući ranija istraživanja, Beichner je uočio da nastavnici često koriste grafove kao jezik poučavanja, koji učenici ne razumiju, a upravo su grafovi prepoznati kao važna reprezentaciju zakonitosti u fizici. Testiranje koje je proveo prof. Beichner se sastojalo od 21 pitanja višestrukog izbora, od kojih se većina nalazi i u ovom istraživanju. Zadaci su bili višestrukog izbora, gdje se nije zahtijevalo dodatno objašnjenje od ispitanika, kao niti crtanje grafova, jer je test usmjeren samo na interpretaciju grafova. Analizom učeničkih odgovora došao je do niza zaključaka koji upućuju na to da tradicionalni stil podučavanja učenika ne funkcionira na dobar način te poslao apel nastavnicima kako trebaju osvijestiti problem svojih učenika s interpretacijom grafova prije nego koriste grafove u svojoj nastavi kao jezik poučavanja. Nadalje, Beichner smatra da bi nastavnici trebali dati veliki izbor zanimljivih grafičkih prikaza gibanja kako bi učenici sami došli do točne interpretacije i sami predvidjeli oblike grafova. Naglasak za nastavu je na tomu da nastavnici trebaju učenike i studente svojim metodičkim pristupom osposobiti da samostalno interpretiraju grafičke prikaze gibanja, odrede i interpretiraju nagibe i površine ispod krivulja te da mogu svako gibanje prevesti u grafički prikaz i obrnuto.

U Hrvatskoj je provedeno istraživanje među studentima prve godine fizike ili matematike istraživačkih i nastavničkih smjerova na Fizičkom i Matematičkom odsjeku PMF-a u Zagrebu na samom početku prvog semestra, u tri različite domene [4]. Ispit se sastojao od osam skupina pitanja, a svaka je skupina sadržavala po tri paralelna pitanja – jedno pitanje iz matematike bez konteksta (M domena), jedno pitanje u kontekstu fizike, odnosno kinematike (P domena), a jedno u nekom drugom matematičkom, ali svakodnevnom

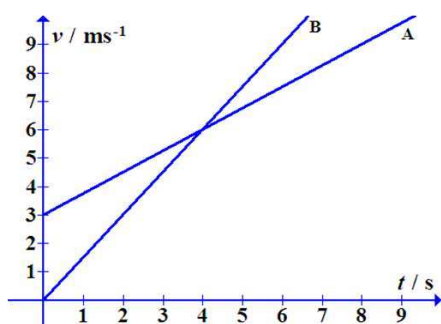
kontekstu, kao što je na primjer rast cijena, razina vodostaja ili najam automobila po danu (C domena). Istraživanje je pokazalo da studentima manji problem stvara nagib grafa u zadacima, iako ga nerijetko miješaju s visinom grafa, nego površina ispod grafa. Nadalje, rezultati već spomenutog istraživanja pokazuju kako studenti posjeduju određeno matematičko znanje koje, suprotno očekivanjima mnogih nastavnika fizike, najlakše primjenjuju u matematičkim zadacima bez konteksta i puno teže u zadacima u fizikalnom ili nekom drugom kontekstu. Istraživanje je pokazalo da se kod većine studenata nije dogodio transfer matematičkog znanja u druge domene, a kontekst kinematike, koju su opsežno učili u školi ili nefizikalni svakodnevni kontekst, koji nije bio prisutan u nastavi, učenicima su skoro podjednako zahtjevni, što potvrđuje činjenicu da je kinematika učenicima ostaje teško područje fizike, unatoč matematičkom znanju. Naravno, pokazalo se i da dijelu studenata nedostaju neka znanja iz matematike.



M-S2:

Usporedite nagibe (koeficijente smjera) pravaca prikazanih u koordinatnom sustavu.

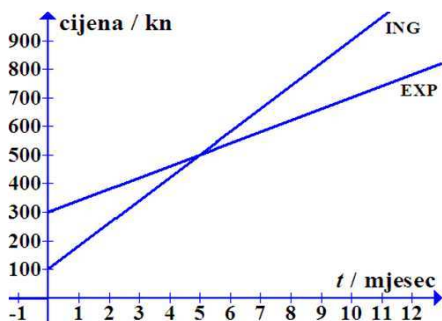
- Nagib pravca p manji je od nagiba pravca q .
- Nagib pravca p jednak je nagibu pravca q .
- Nagib pravca p veći je od nagiba pravca q .



P-S2:

Gibanja tijela A i B prikazana su $v - t$ grafom. Usporedite akceleracije tijela u $t = 2$ s.

- Akceleracija tijela A manja je od akceleracije tijela B.
- Akceleracije tijela A i B su jednake.
- Akceleracija tijela A veća je od akceleracije tijela B.



C-S2:

Na grafu su prikazane cijene dionica ING i EXP u ovisnosti o vremenu. Usporedite brzinu rasta cijene dionica u $t = 3$ mjeseca.

- Brzina rasta cijene dionice ING manja je od brzine rasta cijene dionice EXP.
- Brzina rasta cijene dionice ING jednaka je brzini rasta cijene dionice EXP.
- Brzina rasta cijene dionice ING veća je od brzine rasta cijene dionice EXP.

Slika 3. Primjer paralelnog skupa zadataka iz matematike, fizike i drugih konteksta [4]

Kasnije je opisano istraživanje [4] uspoređeno s rezultatima istraživanja na studentima prve godine studija fizike nastavničkog i istraživačkog smjera na Sveučilištu u Beču [6], kojime se pokazalo da studenti Sveučilišta u Zagrebu i u Beču imaju skoro podjednake poteškoće u razumijevanju grafova. Jedina bitna razlika je da su studenti u Zagrebu u

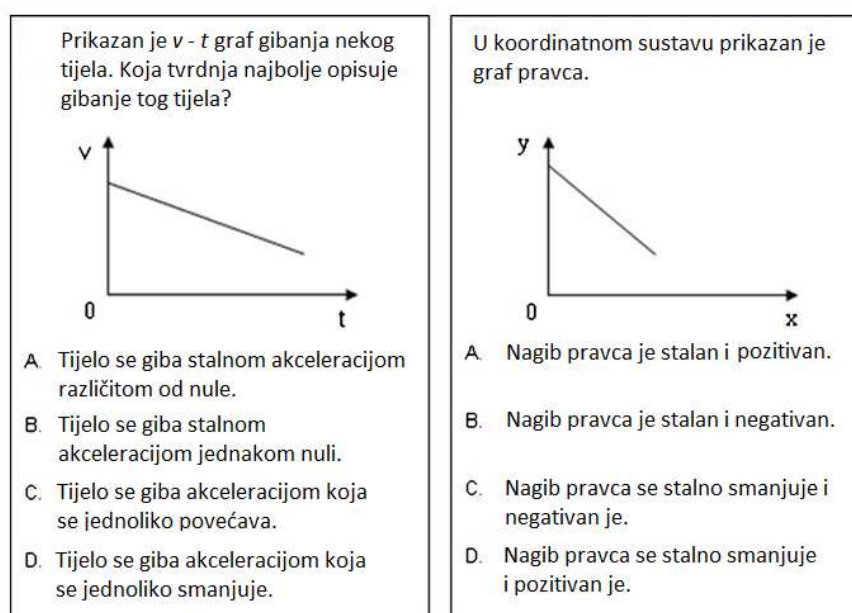
prosjeku bili bolji u zadacima koji su se odnosili na izračunavanje površine ispod grafa, dok su studenti iz Beča bili nešto uspješniji u izračunavanju nagiba pravca.

Analizirajući rezultate i dana objašnjenja studenata došli su do sljedećih šest zaključaka [7]:

- 1) Oko 15% studenata je koristilo istu strategiju rješavanja za sva tri paralelna zadatka u različitim domenama. To upućuje na činjenicu da učenici ista pitanja u različitim domenama vide kao različita.
- 2) Preferirana strategija u rješavanju zadataka iz fizike je uporaba formula, i to često netočnih.
- 3) Studenti koriste više kreativnih strategija u drugim problemima, s kontekstom iz svakodnevnog života, nego u zadacima fizikalnog konteksta, čemu je vjerojatno uzrok pretjerano oslanjanje na korištenje formula u fizici.
- 4) Studenti kod zadataka iz fizike češće čine uobičajene pogreške, poput zamjene visine i nagiba grafa ili zamjene intervala točkom, nego pri rješavanju zadataka iz matematike ili iz nekog drugog konteksta.
- 5) Nagib je za mnoge učenike nejasan pojam, iako je često spominjan, te je računanje nagiba bilo najteže pitanje u domeni fizike i drugih konteksta, a drugo po težini u domeni matematike (samo 54% studenata je točno izračunalo nagib pravca iz grafa u domeni matematike).
- 6) Studenti vrlo teško tumače značenje površine ispod grafa. Većina studenata zna izračunati površinu ispod grafa u domeni matematike, ali u drugim kontekstima i u kontekstu fizike uočeno je da studenti jako teško interpretiraju površinu ispod grafa.

Ovo istraživanje daje bitnu poruku za nastavu fizike u osnovnim i srednjim školama kako je potrebno više raditi na izgradnji razumijevanja i poticati učenike da sami zaključuju o grafovima, te korigirati njihovo tumačenje umjesto davanja gotovih interpretacija za specifične slučajeve interpretacije nagiba i površine ispod grafa u fizici.

Godine 2012. je Grupa za metodiku nastave fizike pri Fizičkom odsjeku PMF-a u Zagrebu u suradnji s prof. dr. sc. Ž. Milin-Šipuš s Matematičkog odsjeka PMF-a u Zagrebu provela istraživanje na 114 učenika (93 učenika drugog razreda gimnazija i 21 učenik iz srednje tehničke škole) [7]. Istraživanje se sastojalo od parova paralelnih zadataka iz matematike i fizike, a ranije su nastavnici procijenili da je matematički zadatak teži učenicima od zadatka iz fizikalnog konteksta što se pokazalo netočnim [7]. Primjer jednog takvog zadatka nalazi se na Slici 1 (koji je sličan zadatku 9 ovog istraživanja).



Slika 1. Primjer jednog para paralelnih zadataka iz fizike i matematike. [7]

Ovaj zadatak iz matematike je točno riješilo 60% učenika, dok je zadatak iz fizike točno riješilo 24% učenika [7]. Znanstvenici koji su provodili istraživanje smatraju da je moguć uzrok ovakvog rezultata istraživanja što se nije dogodio očekivani transfer znanja iz matematike u fizikalni kontekst. Vidljivo je da je čak 40% učenika na izravno postavljeno pitanje u matematici točno odgovorilo, ali pogrešno na fizikalno, no postoji mogućnost da učenici nemaju dovoljno znanja iz fizike i ne znaju pravilno interpretirati nagib u $v-t$ grafu.

[7] Nadalje, ove rezultate su usporedili s već spomenutim istraživanjem na uzorku studenata prve godine fizike ili matematike istraživačkih i nastavničkih smjerova na Fizičkom i Matematičkom odsjeku PMF-a u Zagrebu na samom početku prvog semestra [4]. Na temelju tih usporedbi došli su do zaključka da je koncept nagiba nešto bolje usvojen i da ga učenici bolje primjenjuju u nematematičkim konceptima nego koncept površine ispod grafa. Uočeno je da se dogodio transfer znanja najčešće iz matematike u fiziku, ali ponekad i obratno, a često su učenici primjenjivali znanje iz fizike u drugim kontekstima. [4] No, uočen je i drugi oblik transfera kojega spominju Bransford i Schwartz (2001), a to je transfer kao priprema za buduće učenje: studenti su u nefizikalnim kontekstima dosta koristili pristupe problemu razvijene u fizici (npr. dimenzionalnu analizu), čak i češće nego u samoj fizici [7].

Osim primijećenih poteškoća i transfera znanja, znanstvenici su zaključili na osnovi provedenih istraživanja, da je kinematika izuzetno težak kontekst učenicima, pa i studentima, te smatraju da je to dijelom tako jer se učenici previše oslanjaju na formule i tako blokiraju druge načine zaključivanja [4].

3.METODOLOGIJA

Prije konstruiranja testa proučila sam zadatke koji su korišteni u istraživanju koje je proveo prof. Beichner na Sveučilištu u Sjevernoj Karolini [5] te sam pogledala različite udžbenike iz fizike za prvi razred srednje škole u tiskanim i digitalnim oblicima.

Nakon proučenih materijala, vodeći se Nacionalnim kurikulumom Fizike [1] , odabrala sam obrazovne ishode koje sam htjela ispitati testom:

FIZ SŠ C.1.1. Analizira pravocrtna gibanja

FIZ SŠ C.1.8. Rješava fizičke probleme.

Odabrane ishode sam razradila na sljedeće::

- interpretirati grafički prikaz jednoliko pravocrtnog i jednoliko ubrzanog gibanja (1,10)
- objasniti značenje površine u $v-t$ grafu (3,8,11)
- analizirati gibanje na temelju $x-t$ grafa i odabrati pripadajući $v-t$ graf (5, 13)
- interpretirati značenje nagiba u $v-t$ grafu (6,12)
- odrediti brzinu iz $x-t$ grafa (2)
- interpretirati i riječima opisati grafički prikaz gibanja (4,7,9)
- interpretirati značenje nagiba u $x-t$ grafu (15)
- odrediti brzinu iz $a-t$ grafa (14)

Nakon što sam odabrala ishode, krenula sam u odabir zadataka koji ispituju navedene ishode. Za neke od ishoda je odabrano više zadataka, a u nekim zadacima sam osim zaokruženog odgovora odlučila tražiti i objašnjenje odgovora ili pripadni račun. Time sam htjela preciznije uočiti učeničke poteškoće na temelju njihovih odgovora i objašnjenja.

Test se sastoji od 15 zadataka, od kojih je 13 preuzeto iz istraživanja koje je proveo R. Beichner na Sveučilištu u Sjevernoj Karolini 1994. godine [5] . Svi zadaci koje sam odabrala su doslovno prevedeni zadaci s istim poretkom ponuđenih odgovora kako bih mogla napraviti usporedbu s američkim studentima. Jedan od zadataka je preuzet iz Ispitne

knjižice Državne mature u ljetnom roku 2015. godine [8] te jedan zadatak iz Zbirke zadataka iz fizike za srednju školu [9], kako bi se još detaljnije ispitali neki ishodi.

Istraživanje sam provela među učenicima dvaju prvih razreda jedne zagrebačke opće gimnazije, ukupno njih 48. Jedan razred ispitanika, njih 22, školuje se po nastavnom programu za opće gimnazije s tjednom satnicom fizike od dva sata. Drugi odjel, koji broji 26 učenika ima tri sata fizike tjedno i slijedi program prirodoslovno-matematičke gimnazije. Istraživanje sam provela 18. travnja 2023. godine u razredu opće gimnazije, odnosno 19. travnja u razredu prirodoslovno-matematičke gimnazije.

Prije samoga pisanja testa objasnila sam učenicima o kakvom je testu riječ, zamolila ih da se potpišu na test proizvoljnom šifrom i da ga rješavaju kemijskom olovkom te da mogu postaviti pitanje ukoliko im je nešto nejasno u zadacima. Za rješavanje testa bilo je predviđeno vrijeme od jednog školskog sata. Učenici su stigli riješiti sve zadatke u zadanom vremenskom okviru, a većina učenika je riješila ispit i desetak minuta ranije.

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

4.1. Bodovanje

Ispit se sastojao od 14 zadataka višestrukoga izbora i jednog zadatka kratkog odgovora, a u deset zadataka se tražilo i objašnjenje odabranoga odgovora ili račun s postupkom na temelju kojega su učenici odabrali jedan od ponuđenih odgovora. Zadaci višestrukoga izbora su bodovani jednim bodom za točan odgovor, a zadaci koji su zahtijevali objašnjenje ili račun su bodovani s 3 boda, gdje je jedan bod nosio točno zaokruženi odgovor te dva boda točno objašnjenje ili račun s postupkom, a jedan zadatak otvorenoga tipa (kratkoga odgovora) je nosio pet bodova, jer se sastojao od više podzadataka.

S jednim su bodom bodovana nepotpuna objašnjenja i djelomični računi. Najčešće su to bili odgovori gdje se učenici nisu osvrnuli ili promotрили sve ponuđene odgovore, nespretno izražavanje kod opisivanja grafova, izostavljanje mjernih jedinica pokraj dobivenog rješenja ili greške u računanju.

Test je nosio ukupno 37 bodova koji su raspodijeljeni kao što je prikazano u sljedećoj tablici:

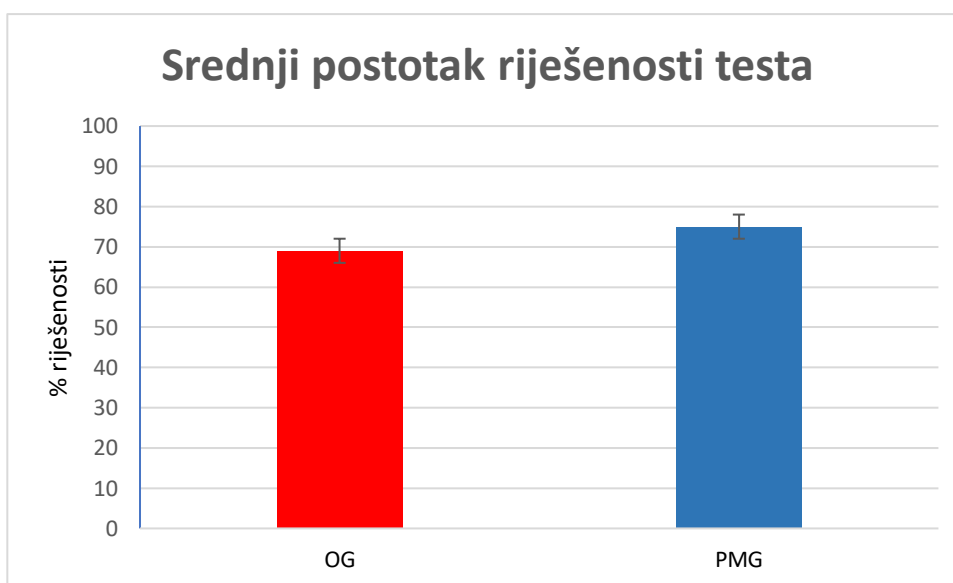
redni broj zadatka:	broj bodova:
1	1
2	3
3	3
4	1
5	3
6	3
7	1
8	3
9	1
10	3
11	1
12	5
13	3
14	3
15	3

Tablica 1. Raspodjela bodova po zadacima.

Testove sam ručno ispravljala te dodatno više puta iščitavala odgovore kako bih uočila najčešće učeničke pogreške i poteškoće. Dobivene rezultate sam obrađivala u Microsoft Office Excelu, a one zadatke koji su odabrani iz američkog testa [5] sam usporedila s rezultatima američkih učenika i studenata. Uspoređivala sam samo postotak točno zaokruženih odgovora s američkim, jer se kod navedenoga testiranja američkih učenika i studenata nije tražilo objašnjenje odgovora.

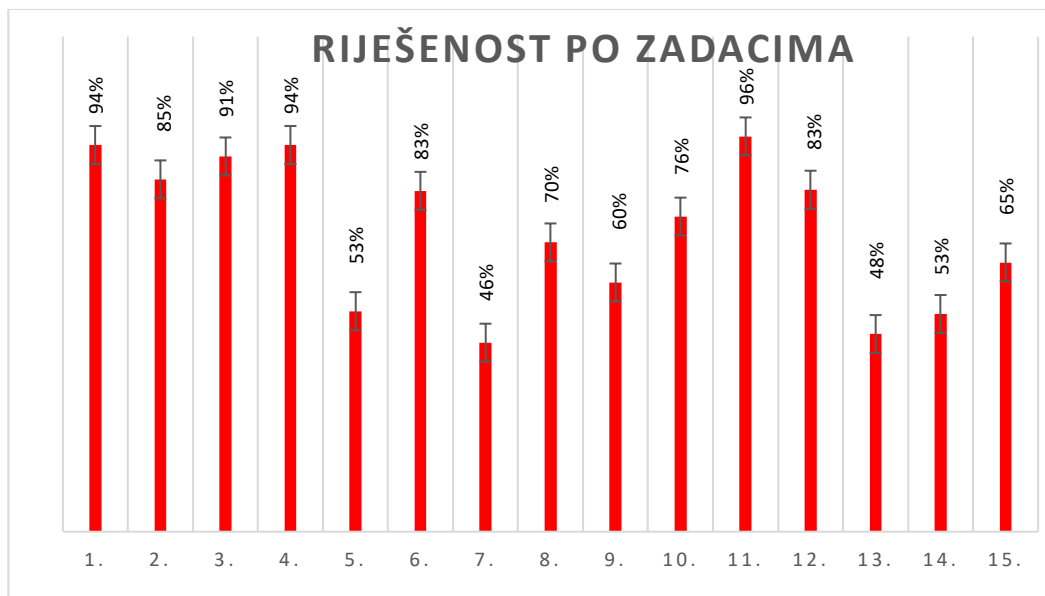
4.2. Opća riješenost

Ispitani učenici su riješili test s prosjekom bodova od 72%. Razred opće gimnazije je ostvario prosječno 69%, a prirodoslovno - matematički razred je bio nešto uspješniji sa 75% osvojenih bodova . Grafički prikaz srednjeg postotka riješenosti testa s pripadnom standardnom pogreškom srednje vrijednosti je vidljiv na sljedećoj slici (Slika 2.).



Slika 2. Srednji postotak riješenosti testa za oba razreda. OG označava razred opće gimnazije, a PMG razred prirodoslovno - matematičke gimnazije.

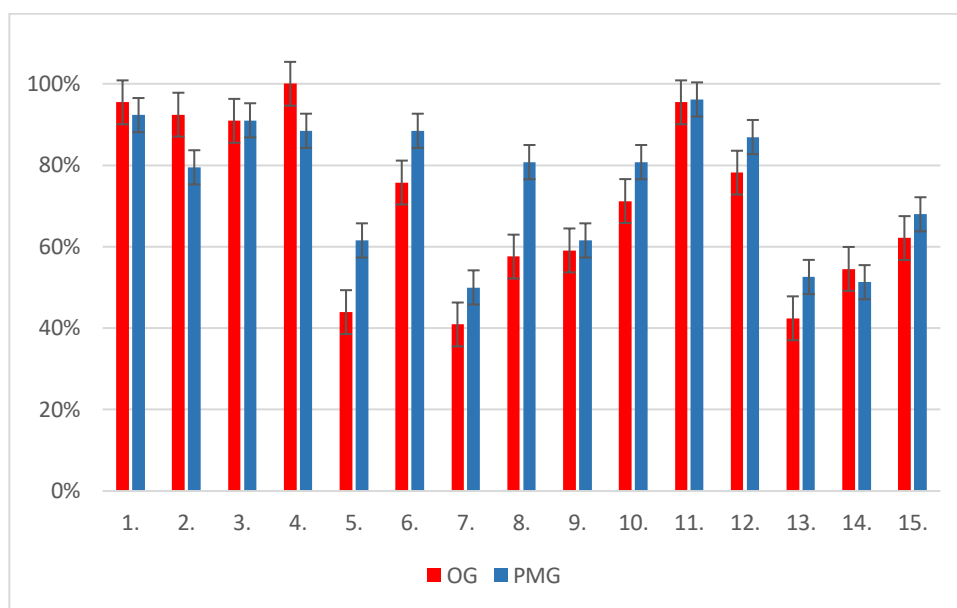
U oba razreda uočene su sljedeće pogreške: dio učenika u računima izostavlja mjerne jedinice ili napiše krivu mjernu jedinicu, dosta njih ne piše potpun račun ili pak ima potpun račun, ali krivo odabranu formulu, koja se ne može primijeniti u tom kontekstu.



Slika 3. Srednji postotak riješenosti testa (prosječno osvojeni bodovi) po zadacima za oba razreda zajedno.

Vidimo iz slike (Slika 3.) da je najbolje riješen zadatak 11 s postotkom riješenosti od čak 96%, a najlošije riješen zadatak je zadatak 7 s postotkom riješenosti od 46%. Oba navedena zadatka su nosila po jedan bod za točan odgovor, a nula za netočan odgovor. Zadatci 1, 3, 4 i 11 su riješeni s prosjekom osvojenih bodova većim od 90% što je doista dobar rezultat, no zadatci 5, 7, 13 i 14 s oko 50% bodova ističu se kao najlošije riješeni u ovom uzorku.

Na sljedećem grafu (Slika 4.) je prikazana riješenost po zadatku za svaki razred:



Slika 4. Srednji postotak riješenosti testa po zadacima za svaki razred posebno sa standardnim pogreškama srednje vrijednosti. OG označava razred opće gimnazije, a PMG razred prirodoslovno-matematičke gimnazije.

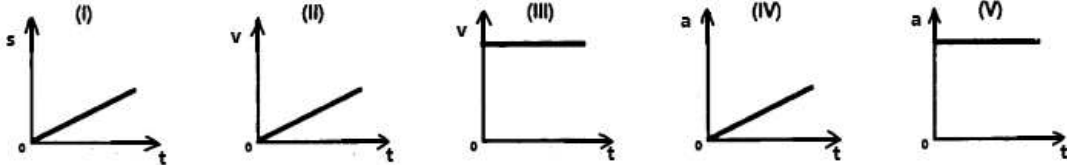
Vidimo da se rezultati bitno ne razlikuju između dva razreda za većinu zadataka (stupci pogrešaka se preklapaju), no valja istaknuti da u zadacima 2, 4, 5, 6 i 8 postoji moguća razlika između njih.

Analizirajući učeničke odgovore i račune, primijetila sam da učenici prirodoslovno-matematičke gimnazije imaju nešto jasnije i točnije odgovore, npr. manje njih se izražava izrazima „crta je nakošenija „ ili „crta je višlja“ umjesto „veći je nagib“ .

4.3. Analiza rezultata po zadatcima

4.3.1 Zadatak 1.

Promotrite sljedeće grafove te uočite različite oznake na osima.



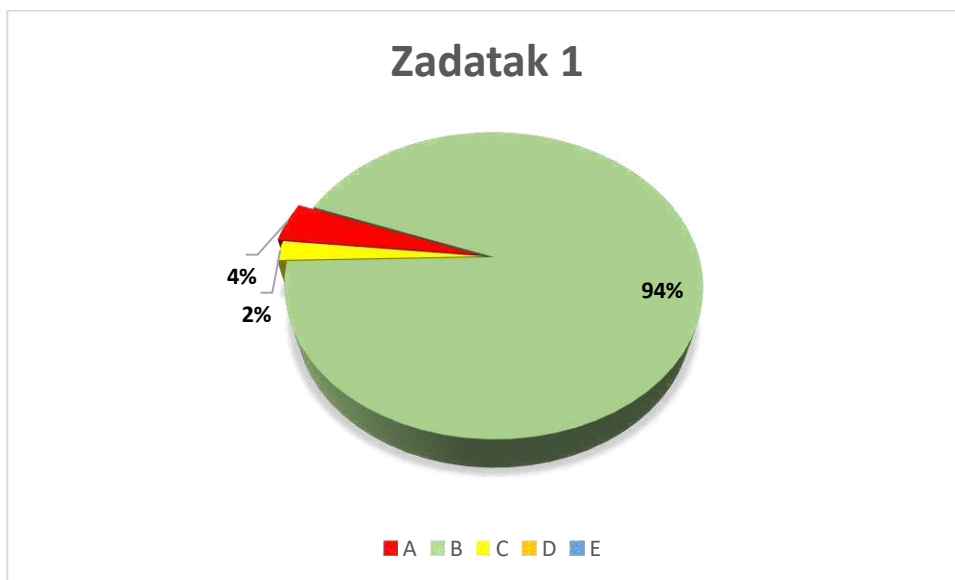
Koji od grafova predstavlja(ju) gibanje stalnom brzinom?

- a) I, II i IV
- b) I i III
- c) II i V
- d) IV
- e) V

U ovome su zadatku učenici trebali interpretirati grafičke prikaze jednolikog pravocrtnog i jednoliko ubrzanog gibanja te prepoznati grafove koji opisuju jednoliko pravocrtno gibanje. Točan odgovor prvog zadatka je odgovor B, kojega je zaokružilo 94 % učenika. Ovaj zadatak je među tri najbolje riješena zadatka. Preostalih 6% učenika je biralo odgovor A ili C, dva su učenika zaokružila odgovor A, dok je samo jedan učenik odabrao odgovor C.

Ovaj zadatak je bodovan jednim bodom za točno zaokružen odgovor, odnosno s nula bodova za netočan odgovor te nije traženo objašnjenje odgovora. Mogu pretpostaviti da učenici koji su odabrali odgovor A nisu obraćali pozornost na označene osi, nego su im grafovi I, II i IV izgledali isto pa su zaokružili taj odgovor. To upućuje na čestu učeničku poteškoću, da graf tretiraju kao sliku gibanja. Odgovore D i E nije zaokružio niti jedan učenik.

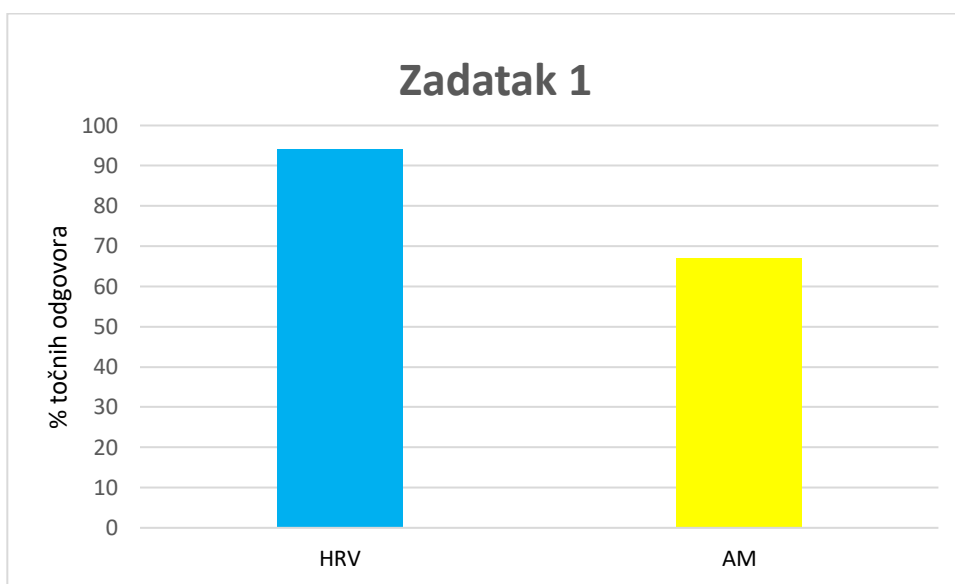
Sljedećim grafom (Slika 5.) prikazane su frekvencije pojedinih odgovora, koje su učenici zaokružili u zadatku 1.



Slika 5. Raspodjela zaokruženih odgovora za Zadatak 1.

Uspoređujući rezultate ovog istraživanja s rezultatima američkog istraživanja, uočavam da je isti zadatak točno riješilo 67% studenata na Sveučilištu u Sjevernoj Karolini [5] te je također jedan od najbolje riješenih zadataka u tom istraživanju, zbog čega sam ovaj zadatak stavila na prvo mjesto u testu.

Na slici 6 je prikazan postotak točno zaokruženih za hrvatske i američke ispitanike.



Slika 6. Postotak točno zaokruženih odgovora za hrvatske i američke ispitanike na zadatku 1.

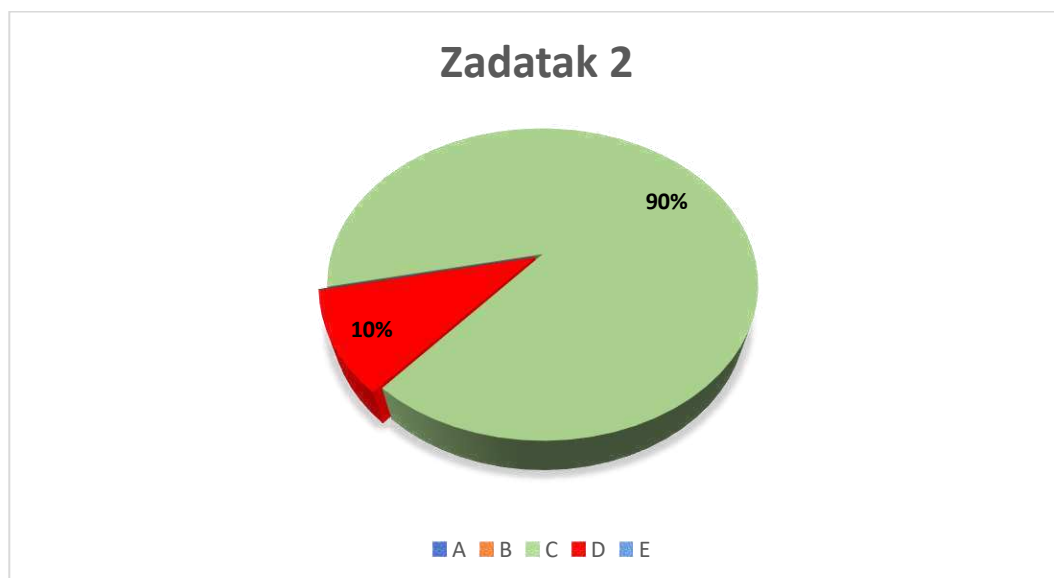
4.3.2. Zadatak 2.

Brzina tijela, čije je gibanje opisano sljedećim grafom, u trenutku $t = 2$ s iznosi:

a) 0,4 m/s
 b) 2,0 m/s
 c) 2,5 m/s
 d) 5,0 m/s
 e) 10,0 m/s

Račun:

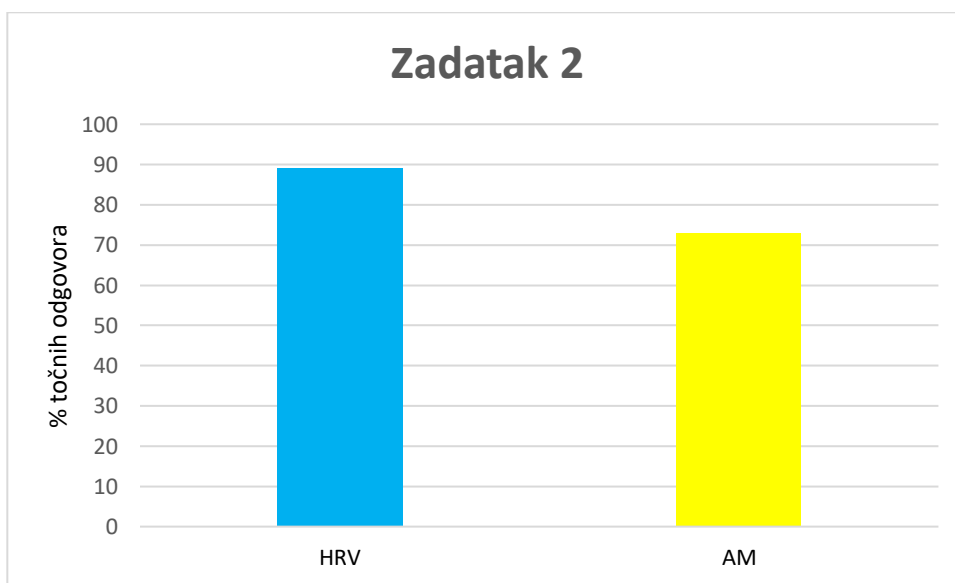
U ovome zadatku su učenici trebali odrediti brzinu iz $s-t$ grafa u zadanom trenutku tako da odrede nagib grafa oko trenutka $t = 2\text{ s}$. Kako je u cijelom prvom dijelu gibanja graf dio pravca, mogli su iskoristiti koordinate ishodišta i točke $(2\text{ s}, 5\text{ m})$ za određivanje nagiba, odnosno brzine. Točan odgovor u ovome zadatku je odgovor C, kojega je odabralo 90% učenika. Ovaj zadatak je bodovan jednim bodom za točno zaokruženi odgovor, a preostala dva boda je nosio potpuni račun. Učenici su uglavnom imali potpune račune uz poneko izostavljanje mjernih jedinica, pa je ukupna riješenost (postotak bodova) ovog zadatka 85%. Preostalih 10% učenika je odabralo odgovor D, gdje iz računa vidimo da su računali površinu ispod grafa u intervalu od $t = 0\text{ s}$ do $t = 2\text{ s}$, što ukazuje na manjak konceptualnog znanja iz fizike – učenicima nije jasno zašto se i kada koristi nagib ili površina za određivanje nekih veličina. Odgovore A, B i E nije odabrao niti jedan učenik. Sljedećim grafom (Slika 7.) su prikazane frekvencije pojedinih odgovora koje su učenici zaokružili u zadatku 2:



Slika 7. Raspodjela zaokruženih odgovora za Zadatak 2.

Rezultate ovog istraživanja sam usporedila s istraživanjem koje je proveo Beichner 1994. godine te uočavam da je isti zadatak točno riješilo 73% studenata na Sveučilištu u Sjevernoj Karolini [5] što ga čini najbolje riješenim zadatkom u tom istraživanju. Beichner je primijetio da je učenicima problem nagiba poprilično jednostavniji u slučaju kada graf

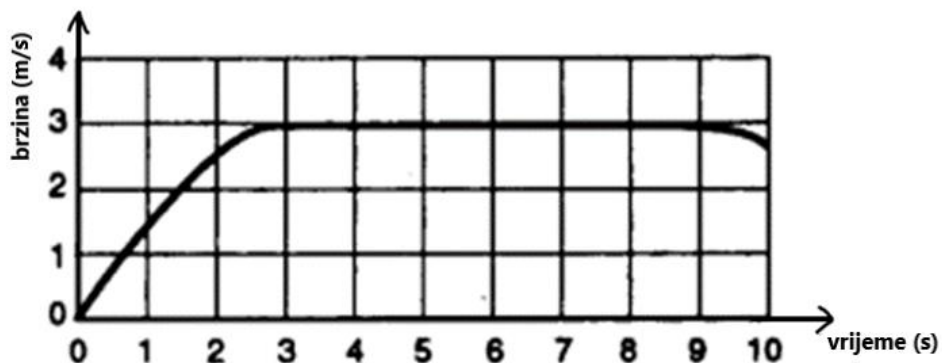
prolazi kroz ishodište u odnosu na neke druge zadatke gdje graf ne prolazi kroz ishodište. Naime, ovaj zadatak je riješen s postotkom od 73% dok je u zadacima s pravcima koji ne prolaze kroz ishodište postotak točnih odgovora pao na 21 %, odnosno na 25%. Moguć razlog tomu je što se pogreška zamjene intervala i točke nije mogla uočiti kod ovog zadatka, jer su učenici svakako dobili točan rezultat bez obzira na navedenu poteškoću. Na slici 8 je prikazan postotak točno zaokruženih odgovora za hrvatske i američke ispitanike.



Slika 8. Postotak točno zaokruženih odgovora za hrvatske i američke ispitanike na zadatku 2.

4.3.3. Zadatak 3.

Sljedeći graf opisuje pravocrtno gibanje nekog tijela:

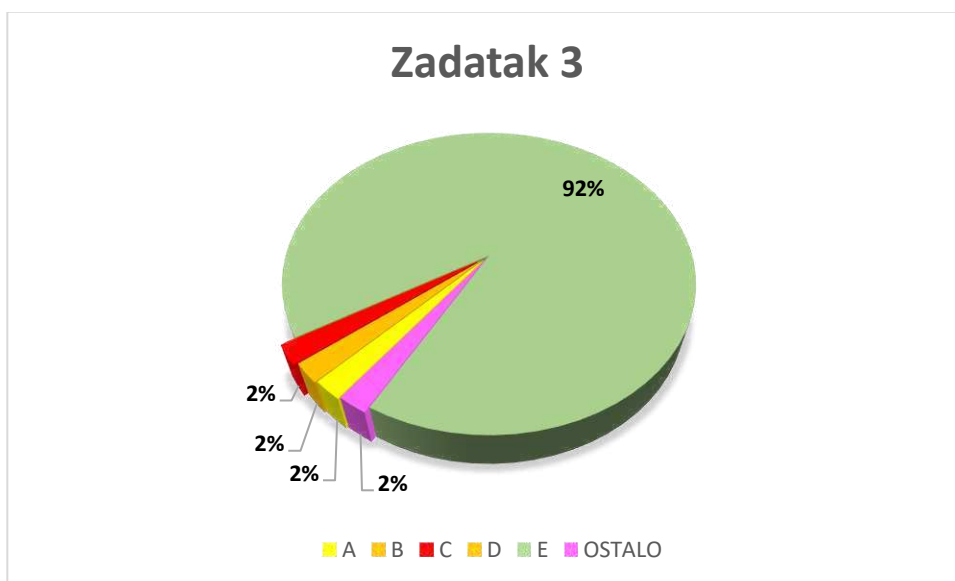


Za koliko se pomakne tijelo tijekom vremenskoga intervala od $t = 4$ s do $t = 8$ s?

- a) 0.75 m
- b) 3.0 m
- c) 4.0 m
- d) 8.0 m
- e) 12.0 m

Račun:

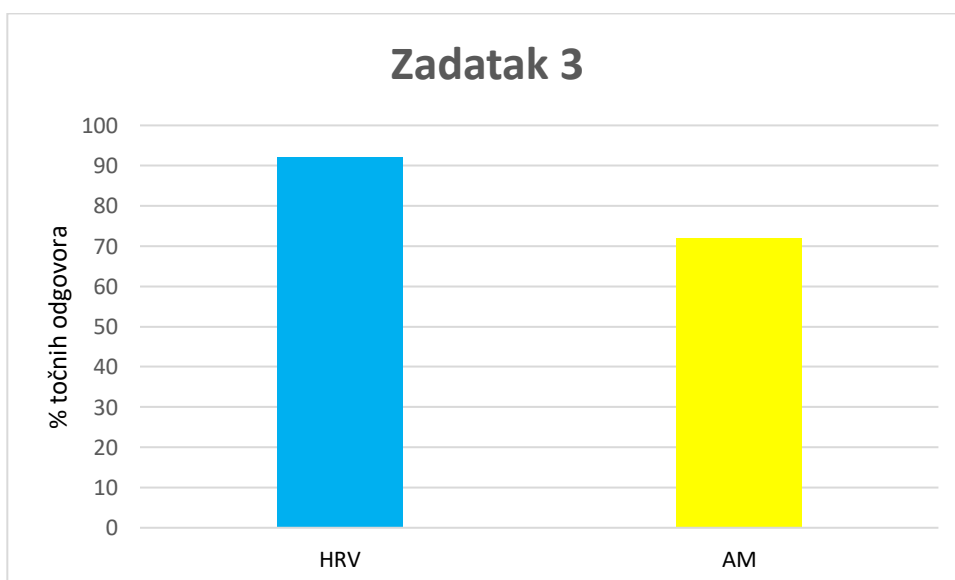
U ovome su zadatku učenici trebali interpretirati površinu u $v-t$ grafu kao prevaljeni put u traženome intervalu od $t = 4$ s do $t = 8$ s. Traženi put je zapravo površina pravokutnika sa stranicama 4 s i 3 m/s, pa je točan odgovor pod E, kojega je odabralo 92 % učenika. Ovaj zadatak je bodovan jednim bodom za točno zaokružen odgovor, a preostala dva boda je nosio potpuni račun. Učenici su uglavnom imali potpune račune uz poneko izostavljanje mjernih jedinica, pa je ukupno na ovome zadatku osvojeno 91% bodova. Po jedan učenik je zaokružio odgovore A, B i C, a jedan učenik nije uopće riješio ovaj zadatak. Nijedan učenik nije odabrao odgovor D. Sljedećim grafom (Slika 9.) su prikazane frekvencije pojedinih odgovora koje su učenici zaokružili u zadatku 3.



Slika 9. Raspodjela zaokruženih odgovora za Zadatak 3.

Uspoređujući rezultate ovog istraživanja s rezultatima američkog istraživanja uočavam da je isti zadatak točno riješilo 72% studenata na Sveučilištu u Sjevernoj Karolini [5].

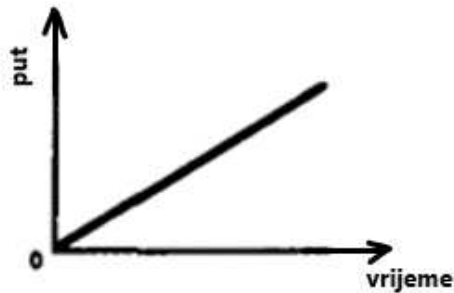
Na Slici 10. je prikazan postotak točno zaokruženih odgovora za hrvatske i američke ispitanike.



Slika 10. Postotak točno zaokruženih odgovora za hrvatske i američke ispitanike na zadatku 3.

4.3.4.Zadatak 4.

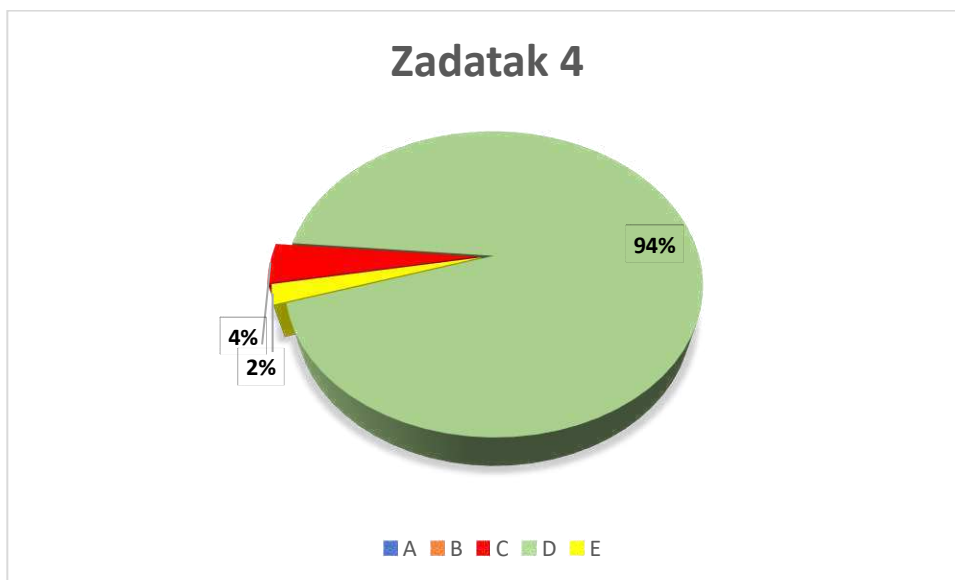
Sljedeći graf odnosi se na gibanje nekog tijela. Koja rečenica najbolje opisuje to gibanje?



- a) Akceleracija tijela je stalna i različita od nule.
- b) Tijelo miruje.
- c) Brzina tijela se jednoliko povećava.
- d) Tijelo se giba stalnom brzinom.
- e) Akceleracija tijela se jednoliko povećava.

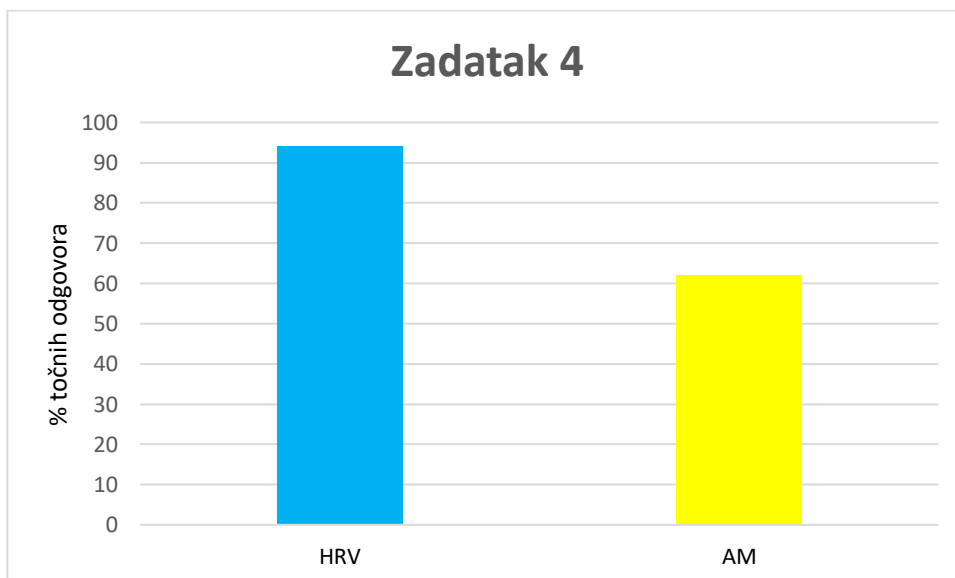
U ovome su zadatku učenici trebali odabrati rečenicu koja najbolje opisuje gibanje prikazano grafom. Točan odgovor je odgovor D, kojega je zaokružilo 94 % učenika. Radi se o jednolikom gibanju, koje je u $s-t$ grafu prikazano rastućim pravcem. Ovaj zadatak je među tri najbolje riješena zadatka. Mogu zaključiti da je učenicima prikaz jednolikog gibanja u $s-t$ grafu najbliži, vjerojatno zbog toga što se najčešće spominje u nastavi fizike, počevši već od osnovne škole. Preostalih 6% učenika je biralo odgovor C ili E, dva učenika zaokružila su odgovor C, dok je samo jedan učenik odabrao odgovor E. Niti jedan učenik nije zaokružio odgovore A i B. Ovaj zadatak je bodovan jednim bodom za točno zaokružen odgovor, odnosno s nula bodova za netočan odgovor te nije traženo objašnjenje odgovora. Učenici koji su zaokružili netočne odgovore vjerojatno ne razlikuju nagib i visinu grafa te su zaključili da se kod rastućeg pravca nagib povećava, jer se visina grafa povećava, pritom se ne obazirući na oznake na osima. Sukladno tomu su zaokružili odgovore da se brzina, odnosno akceleracija, jednoliko povećavaju.

Sljedećim grafom (Slika 11.) su prikazane frekvencije pojedinih odgovora koje su učenici zaokružili u zadatku 4.



Slika 11. Raspodjela zaokruženih odgovora za Zadatak 4.

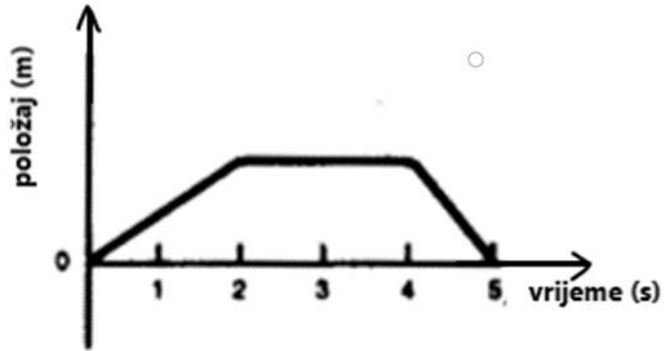
Isti je zadatak točno riješilo 62% studenata na Sveučilištu u Sjevernoj Karolini [5] te je također jedan od najbolje riješenih zadataka u tom istraživanju. Na slici 12 je prikazan postotak točno zaokruženih odgovora za hrvatske i američke ispitanike.



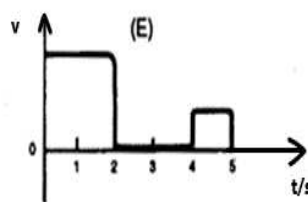
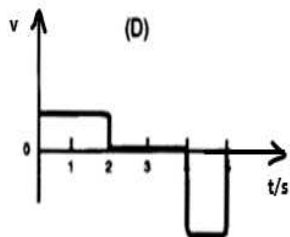
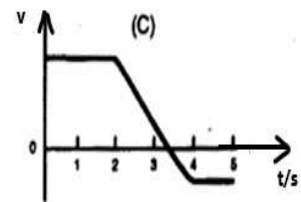
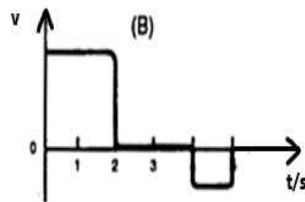
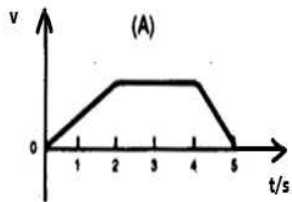
Slika 12. Postotak točno zaokruženih odgovora za hrvatske i američke ispitanike na zadatku 4

4.3.5. Zadatak 5.

Prikazan je $x - t$ graf za gibanje tijela tijekom vremenskog intervala od 5 s.



Koji bi od sljedećih $v - t$ grafova najbolje predstavljao gibanje tog tijela tijekom istog intervala?



Objasni svoj odgovor:

U ovome su zadatku učenici trebali odabrati jedan od ponuđenih $v-t$ grafova koji opisuje zadano gibanje na zadanom $x-t$ grafu. Iz $x-t$ grafa vidimo da se tijelo giba jednoliko pravocrtno u pozitivnom smjeru, pa je brzina stalna i pozitivnog iznosa, zatim miruje i brzina je nula te se u trećem segmentu gibanja tijelo giba jednoliko pravocrtno u negativnom smjeru koordinatne osi, pa je brzina stalna i negativnog predznaka.

Točan $v-t$ graf daje odgovor D, kojega je odabralo 54 % ispitanih učenika. Najfrekventniji netočan odgovor je odgovor E, kojega je odabralo 19 % učenika, a zatim odgovor B, kojega je odabralo 13% učenika. Odgovor A je odabralo 8% učenika, odgovor C samo 2% učenika dok 4% učenika nije odgovorilo na ovo pitanje.

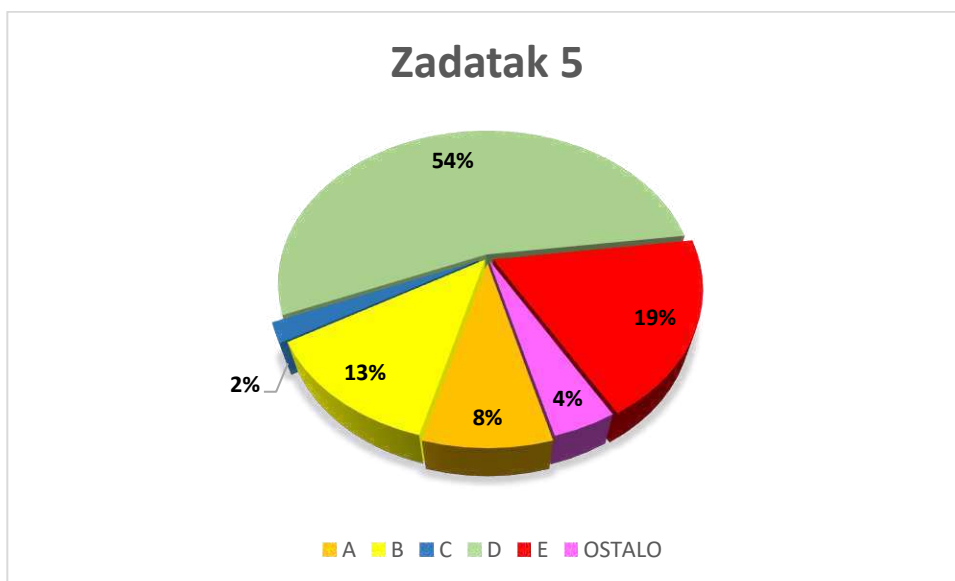
Ovaj zadatak je jedan od lošije riješenih zadataka te su ga učenici u općoj gimnaziji riješili s postotkom od 44 %, a učenici prirodoslovno - matematičke gimnazije, nešto bolje, s postotkom od od 62 %. Ukupna riješenost ovog zadatka je 53% osvojenih bodova.

Učenici su u ovom zadatku dobivali jedan bod za točno odabrani odgovor i još dva boda za objašnjenje odabranog odgovora.

Učenici koji su zaokružili točan odgovor uglavnom su i točno objasnili, no uočavam da učenici, koji su zaokružili odgovor B, ne primjećuju da je iznos brzine to veći, što je nagib pravca veći u $x-t$ grafu, te su zaključili da je brzina manja po iznosu na onom dijelu gibanja gdje pravac ima veći nagib po apsolutnoj vrijednosti.

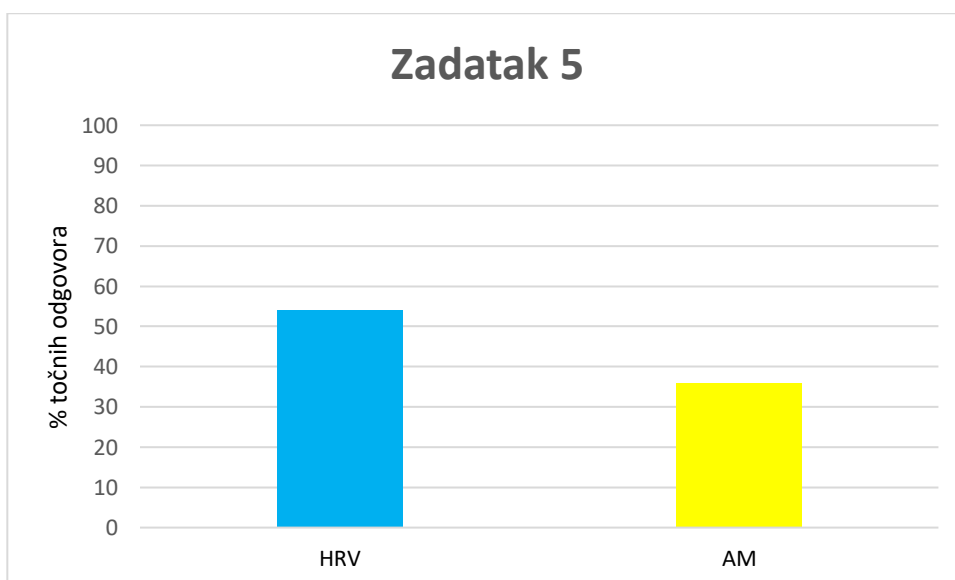
Učenici koji su odabrali odgovor E uglavnom su kao obrazloženje navodili da brzina ne može biti negativna, no ovdje se radi o brzini promjene položaja u vremenu (brzini po pomaku), koja može biti i negativna i pozitivna za razliku od brzine po putu, koja se puno češće spominje, a koja ne može biti negativnoga iznosa. Iako je ta distinkcija mogla izazvati određenu zbunjenost kod učenika, odgovor E su ipak mogli eliminirati, jer ne prikazuje točnu ovisnost brzine po putu u vremenu.

Ispravljajući testove učenika uočila sam da nekoliko učenika u ovom zadatku nije zaokružilo niti jedan ponuđeni odgovor ili su zaokružili više odgovora. Postotak takvih učenika na dijagramu označen je s OSTALO.



Slika 13. Raspodjela zaokruženih odgovora za Zadatak 5.

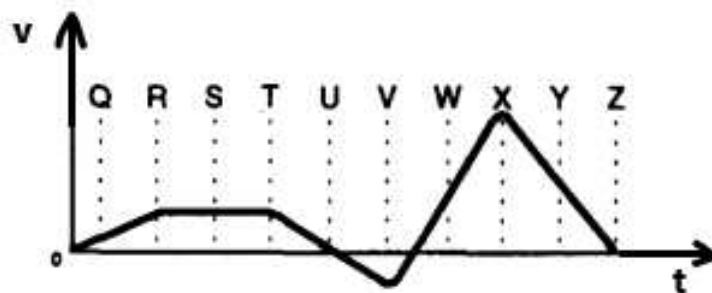
Isti zadatak je točno riješilo 36 % studenata na Sveučilištu u Sjevernoj Karolini [5], a na slici 14. je prikazan postotak točno zaokruženih odgovora za hrvatske i američke ispitanike.



Slika 14. Postotak točno zaokruženih odgovora za hrvatske i američke ispitanike na zadatku 5.

4.3.6.Zadatak 6.

Koji dio ili dijelovi grafa prikazuju gibanje tijela s negativnom akceleracijom?



- a) Samo R do T
- b) Samo T do V
- c) Samo T do U
- d) U do V i V do W
- e) T do V i X do Z

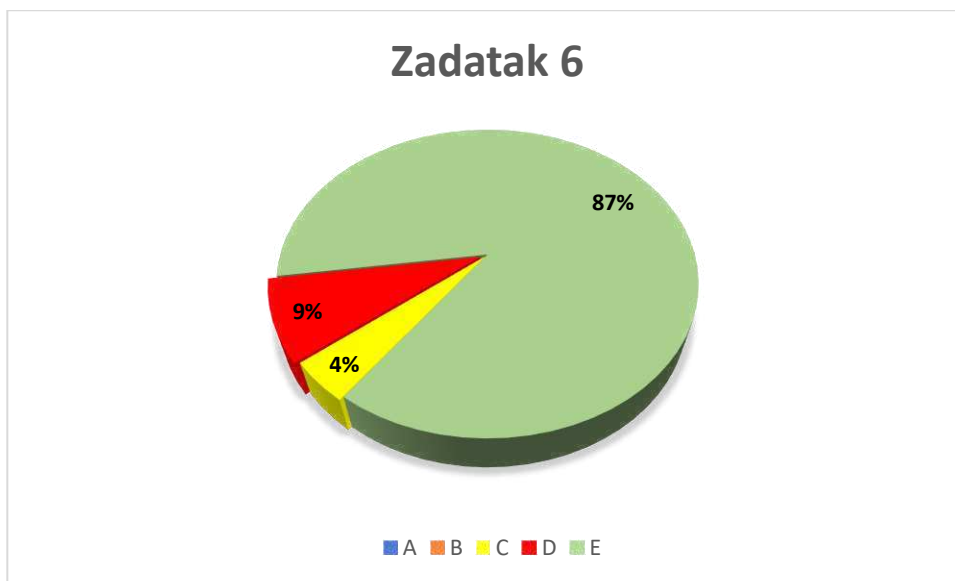
Objasni svoj odgovor:

U ovome su zadatku učenici trebali odabrati dio ili dijelove grafa koji opisuju gibanje s negativnom akceleracijom. Najlakši je način bio promatrati nagib grafa na pojedinim dijelovima gibanja. Vidimo da je nagib pravca u $v-t$ grafu negativan od T do V i od X do Z, a dade se primijetiti da je graf strmiji od X do Z nego od T do V, pa je akceleracija veća po apsolutnoj vrijednosti u tome dijelu gibanja (X do Z).

Točan odgovor ovoga zadatka je odgovor E, kojega je odabralo 87% učenika. Odgovor D je zaokružilo 9% ispitanika, a odgovor C 4% učenika. Odgovore A i B nije zaokružio niti jedan učenik.

Učenici koji su zaokružili odgovor D su uglavnom objašnjenja tipa „*tijelo na grafu ispod nule*“ ili „*crtu je ispod nule*“ gdje vidimo da učenici tretiraju graf kao sliku ili poistovjećuju iznos brzine s akceleracijom.

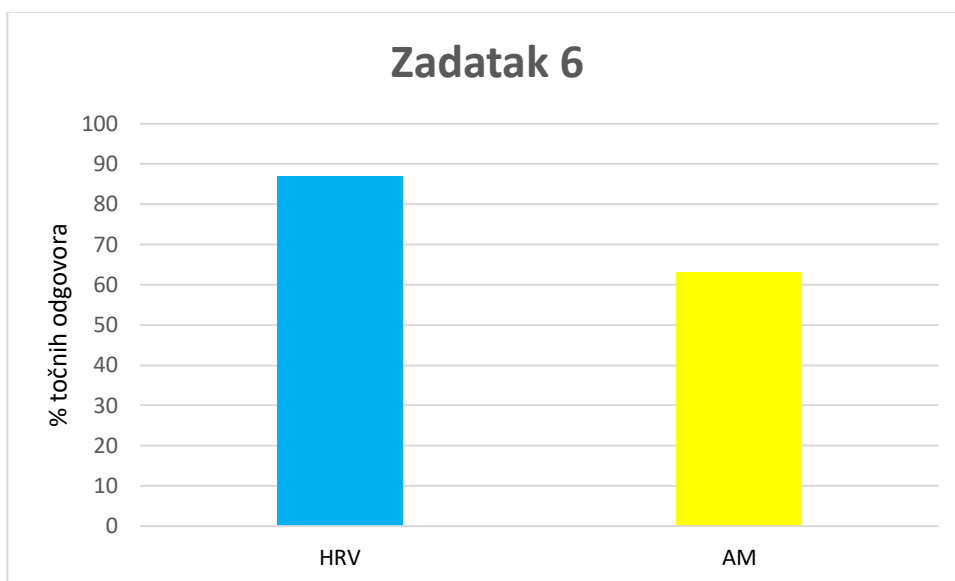
Sljedećim grafom (Slika 15.) su prikazane frekvencije pojedinih odgovora koje su učenici zaokružili u zadatku 6:



Slika 15. Raspodjela zaokruženih odgovora za Zadatak 6.

Kada usporedim rezultate ovog istraživanja s rezultatima koje je proveo Beichner 1994. godine vidim da je isti zadatak točno riješilo 63% studenata na Sveučilištu u Sjevernoj Karolini [5].

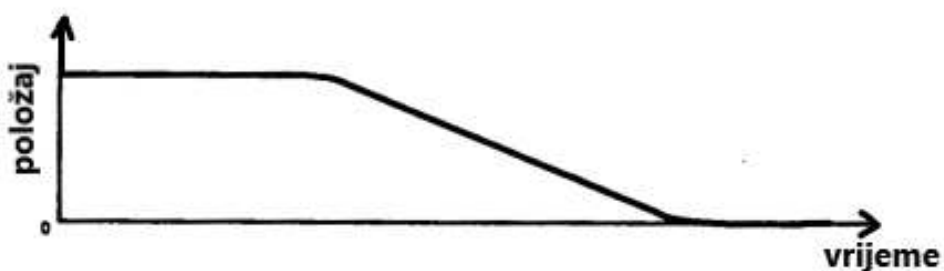
Na slici 16. je prikazan postotak točno zaokruženih odgovora za hrvatske i američke ispitanike.



Slika 16. Postotak točno zaokruženih odgovora za hrvatske i američke ispitanike na zadatku 6.

4.3.7. Zadatak 7.

Sljedeći graf odnosi se na pravocrtno gibanje nekog tijela duž osi x. Koja rečenica ispravno opisuje to gibanje? Pozitivan smjer osi x je udesno.



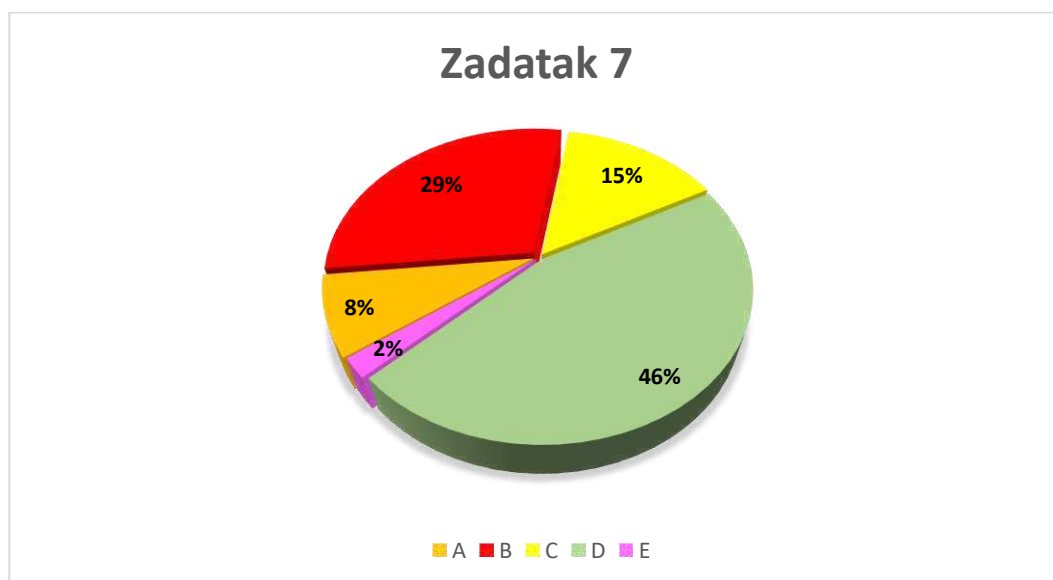
- Tijelo se kotrlja duž ravne površine udesno, zatim se kotrlja nizbrdo i konačno se zaustavlja.
- Tijelo na početku neko vrijeme miruje, zatim se kotrlja nizbrdo i konačno se zaustavlja.
- Tijelo se giba stalnom brzinom udesno, zatim usporava i na kraju se zaustavlja.
- Tijelo na početku neko vrijeme miruje, zatim se počne gibati stalnom brzinom ulijevo i konačno se zaustavlja.
- Tijelo se giba ravno udesno, zatim se giba ulijevo nizbrdo te se potom nastavlja gibati ulijevo.

U ovome su zadatku učenici trebali odabrati rečenicu koja opisuje gibanje reprezentirano grafom, što se pokazalo jako zahtjevno. Naime, ovaj zadatak je najlošije riješen u oba razreda. Točan odgovor je D, kojega je zaokružilo 46% učenika. U prirodoslovno matematičkom razredu ovaj zadatak je točno riješila polovica učenika, a u razredu opće gimnazije tek 41 % učenika. Odgovor B je zaokružilo 29% svih ispitanika, a razlog tomu je najvjerojatnije to što se odgovor D i odgovor B razlikuju samo u opisu drugog dijela gibanja. Ovdje je vidljiva česta učenička poteškoća da tretiraju graf kao sliku gibanja, te su zaokružili odgovor B misleći da se tijelo giba nizbrdo, zbog toga što je nagib pravca negativan.

Odgovor C je zaokružilo 15% učenika, čemu može biti uzrok neobaziranje na oznake na osima u kombinaciji s nerazlikovanjem visine i nagiba grafa.

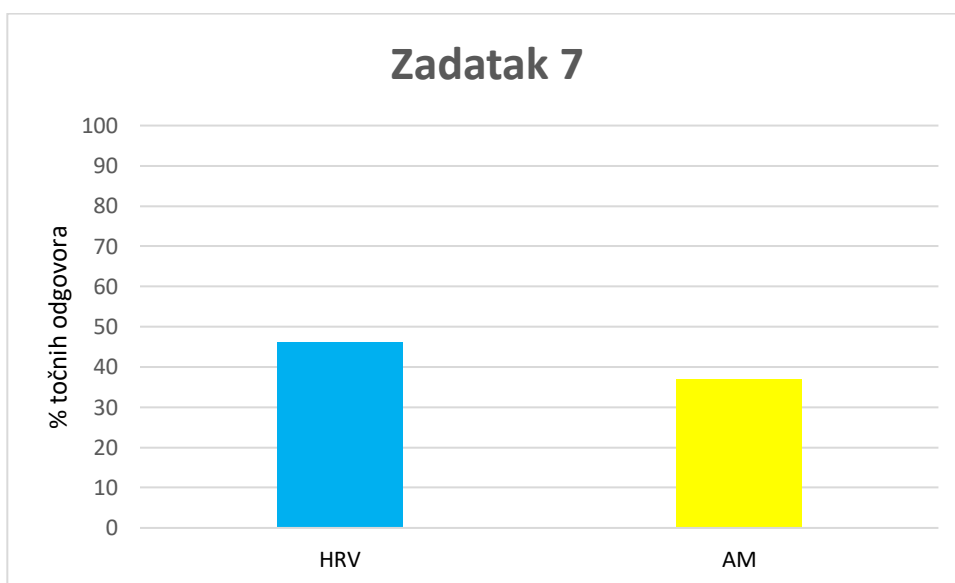
Nadalje, odgovor A je odabralo 8% učenika, a odgovor E samo 2% učenika.

Sljedećim grafom (Slika 17.) su prikazane frekvencije pojedinih odgovora koje su učenici zaokružili u zadatku 7:



Slika 17. Raspodjela zaokruženih odgovora za Zadatak 7.

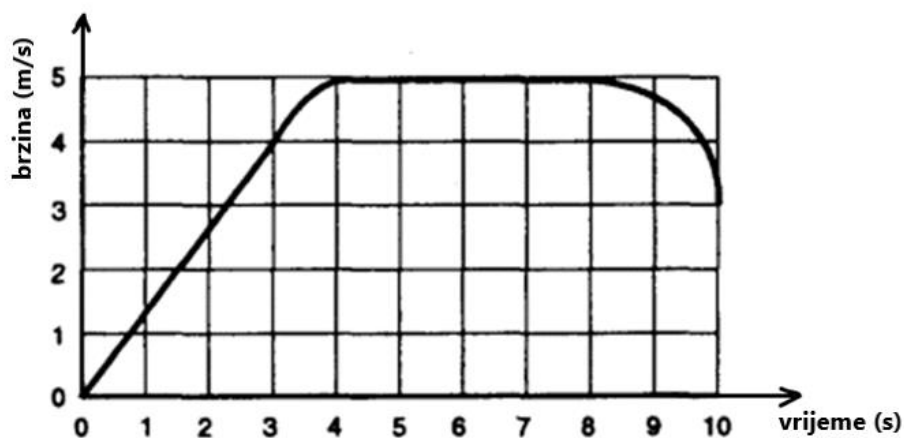
Ovakav isti zadatak točno je riješilo 37% studenata na Sveučilištu u Sjevernoj Karolini [5], a na sljedećoj slici vidimo usporedbu za hrvatske učenike i američke ispitanike. Povezivanje grafa i gibanja predstavlja problem i jednima i drugima, te na tome treba raditi u nastavi fizike.



Slika 18. Postotak točno zaokruženih odgovora za hrvatske i američke ispitanike na zadatku 7.

4.3.8. Zadatak 8.

Dizalo se giba od podruma do desetoga kata zgrade. Gibanje dizala prikazano je $v-t$ grafom. Za koliko se dizalo pomakne prema gore u prve tri sekunde gibanja?



Račun:

- a) 0,75 m
- b) 1,33 m
- c) 4,0 m
- d) 6,0 m
- e) 12,0 m

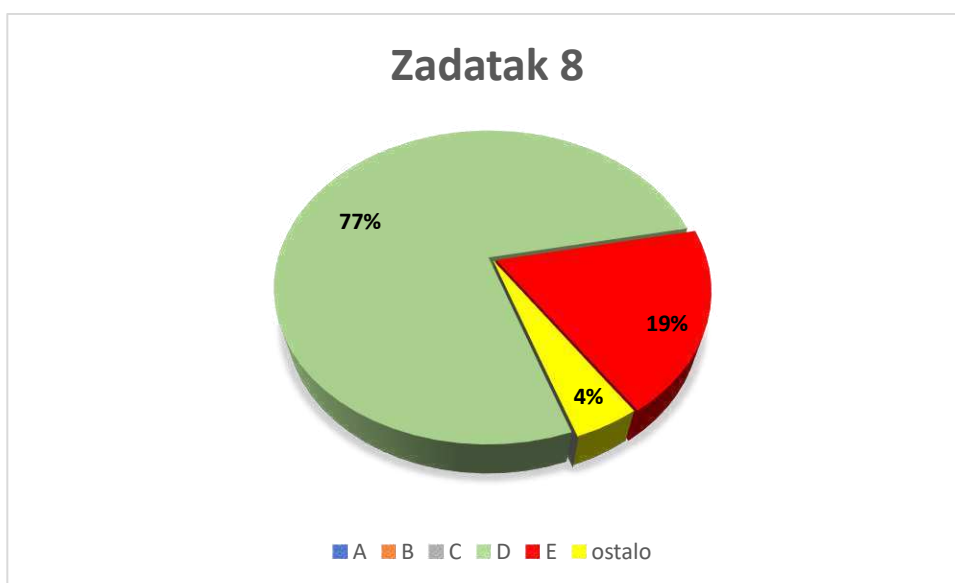
U ovome su zadatku učenici trebali interpretirati površinu u $v-t$ grafu kao prevaljeni put u traženom intervalu od $t = 0$ s do $t = 3$ s. Traženi put je zapravo površina pravokutnog trokuta s katetama 4 m/s i 3 s, pa je točan odgovor pod D, kojega je odabralo 77 % učenika. Ovaj zadatak je bodovan jednim bodom za točno zaokružen odgovor, a preostala dva boda je nosio potpuni račun. Učenici su uglavnom imali potpune račune uz poneko izostavljanje mjernih jedinica, pa je ukupna riješenost ovoga zadatka 70%. Dva učenika nisu odgovorila na ovo pitanje, a preostalih 19 % je zaokružilo odgovor E. Niti jedan učenik nije zaokružio odgovore A, B ili C.

Svi učenici koji su zaokružili odgovor E koristili su formulu $s = v \cdot t$, koja je u ovome slučaju neprikladna, jer se u prve tri sekunde radi o jednoliko ubrzanom gibanju. Učenici koji su došli do točnoga odgovora većinom su računali površinu ispod grafa, no ipak se nekoliko učenika od 77% onih s točnim odgovorom isto oslanjalo na formule, ali točne. Naime, prepoznali su da se radi o jednoliko ubrzanom gibanju te su koristili formulu

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2.$$

Pomoću nje su došli do točnog rješenja.

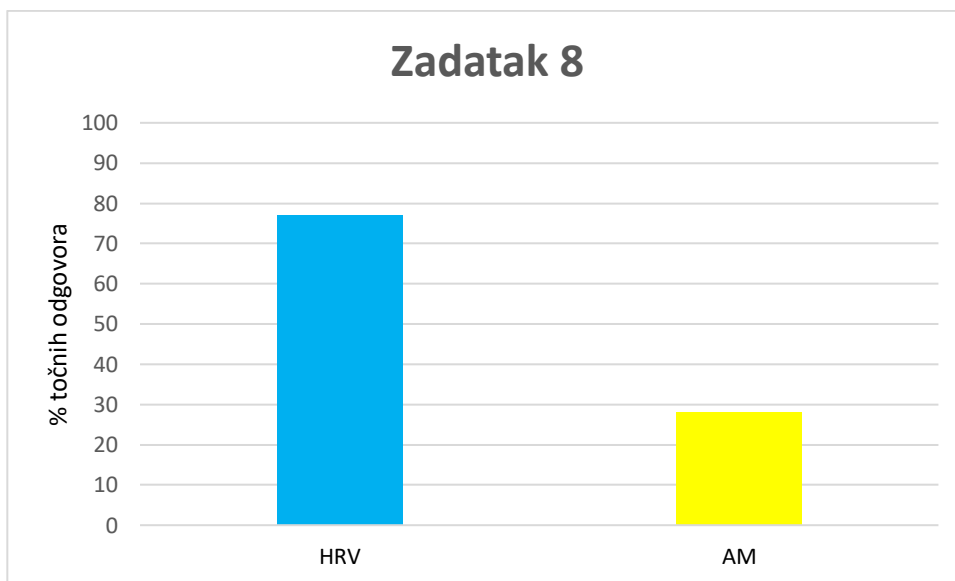
Sljedećim grafom (Slika 19.) su prikazane frekvencije pojedinih odgovora koje su učenici zaokružili u zadatku 8:



Slika 19. Raspodjela zaokruženih odgovora za Zadatak 8.

Primjećujem da je isti zadatak točno riješilo 28 % studenata na Sveučilištu u Sjevernoj Karolini [5] koje je proveo prof. Beichner 1994. godine.

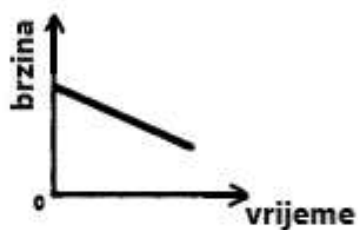
Na slici 20 je prikazan postotak točno zaokruženih odgovora za hrvatske i američke ispitanike .



Slika 20. Postotak točno zaokruženih odgovora za hrvatske i američke ispitanike na zadatku 8.

4.3.9. Zadatak 9.

Sljedeći graf odnosi se na gibanje nekog tijela. Koja rečenica najbolje opisuje to gibanje?

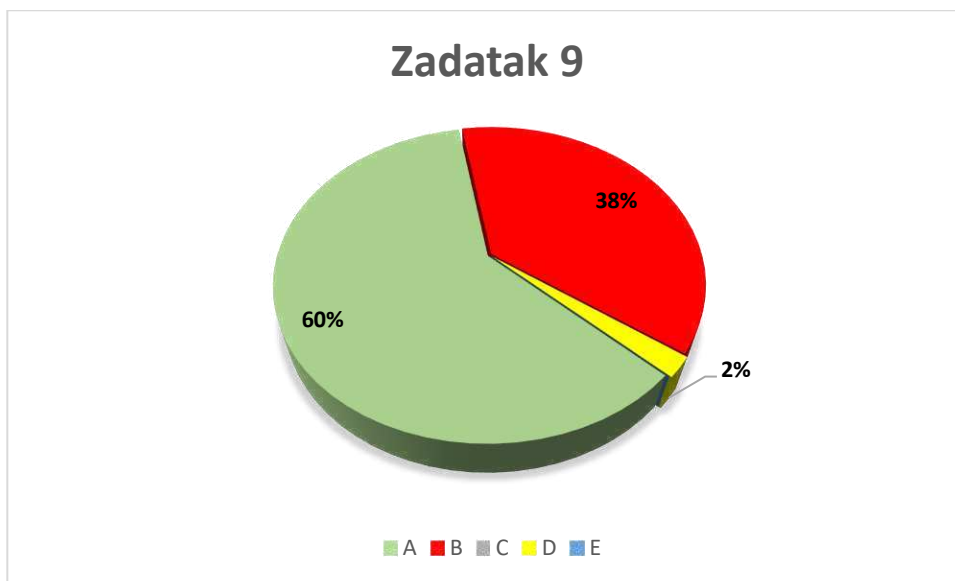


- Tijelo se giba stalnom akceleracijom.
- Tijelo se giba akceleracijom koja se jednoliko smanjuje.
- Tijelo se giba akceleracijom koja se jednoliko povećava.
- Tijelo se giba stalnom brzinom.
- Tijelo se ne giba.

U ovome su zadatku učenici trebali odabrati rečenicu koja najbolje opisuje gibanje s grafičkog prikaza. Točan odgovor ovog zadatka je odgovor A, kojega je odabralo 60% učenika, a najfrekventniji netočan odgovor je odgovor B, kojega je biralo 38 % učenika. Preostalih 2% učenika je odabralo odgovor D dok niti jedan učenik nije odabrao odgovore C ili E.

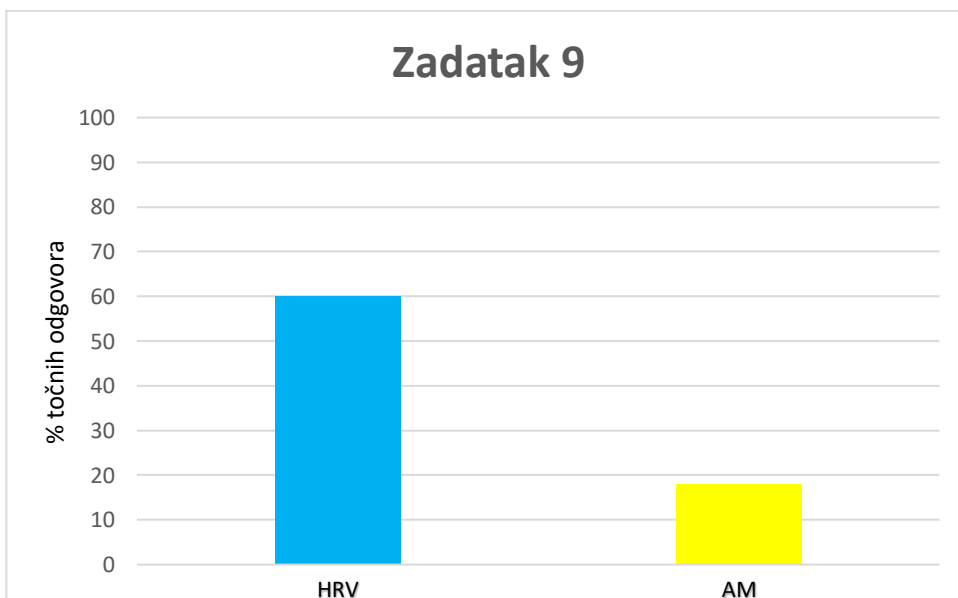
Ovaj zadatak je bodovan jednim bodom za točno zaokružen odgovor, odnosno s nula bodova za netočan odgovor te nije traženo objašnjenje odgovora pa mogu pretpostaviti da učenici koji su odabrali odgovor B ne razlikuju visinu i nagib grafa te su ne čitajući oznake na osima zaključili da se akceleracija jednoliko smanjuje jer je nagib pravca negativan. Ovdje je vidljiva česta učenička poteškoća zamjene nagiba visinom grafa.

Sličan zadatak (Slika 1) s negativnim nagibom u $v-t$ grafu bio je u istraživanju kojega su proveli Planinić et al. 2012., gdje su znanstvenici uspoređivali točnost istog zadatka u matematičkom i fizikalnom kontekstu. Naime, takav zadatak je točno riješilo 24 % učenika u fizikalnom kontekstu, a u matematičkom čak 60% (Planinić et al. 2012.) što je jasan pokazatelj da je učenicima nagib, a posebno negativan, zahtjevan koncept. Moguć uzrok tomu je u nedovoljnom konceptualnom znanju iz fizike (nepovezivanje akceleracije s nagibom $v-t$ grafa i nerazumijevanje simbola delta u definiciji akceleracije) i primarnom oslanjanju na formule u kontekstu fizike, u ovome slučaju na pojednostavljenu, neprikladnu formulu $a=v/t$. Ovaj je zadatak bio najlošije riješen među američkim studentima, s postotkom od 18 % [5], a hrvatski učenici s ga riješili s postotkom od 60% te je također jedan od pet najlošije riješenih zadataka u ovom testiranju. Sljedećim grafom (Slika 21.) su prikazane frekvencije pojedinih odgovora koje su učenici zaokružili u zadatku 9:



Slika 21. Raspodjela zaokruženih odgovora za Zadatak 9.

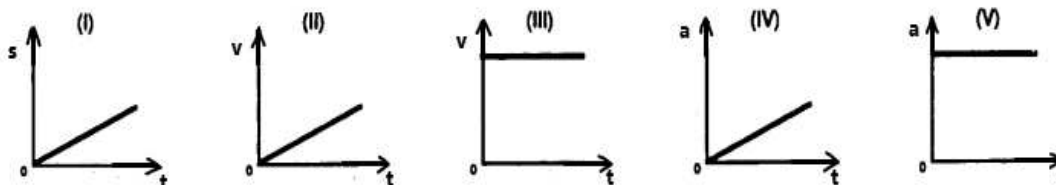
Ovaj zadatak točno riješilo 18% studenata na Sveučilištu u Sjevernoj Karolini [5] što ga čini najlošije riješenim zadatkom u tom istraživanju provedenom 1994. godine. Na slici 22 je prikazan postotak točno zaokruženih za hrvatske i američke ispitanike .



Slika 22. Postotak točno zaokruženih odgovora za hrvatske i američke ispitanike na zadatku 9.

4.3.10. Zadatak 10.

Promotrite sljedeće grafove te uočite različite oznake na osima.



Koji od grafova predstavlja(ju) gibanje stalnom akceleracijom različitom od nule?

- a) I, II i IV
- b) I i III
- c) II i V
- d) IV
- e) V

Objasni svoj odgovor:

U ovome su zadatku učenici trebali uočiti različite oznake na osima i interpretirati grafičke prikaze gibanja, a zatim odrediti koja gibanja predstavljaju gibanje stalnom akceleracijom različitom od nule, odnosno koja gibanja od navedenih predstavljaju jednoliko ubrzano ili jednoliko usporeno gibanje.

Točan odgovor ovog zadatka je C jer graf II je $v-t$ graf koji prikazuje jednoliko ubrzano gibanje, a graf V je $a-t$ graf koji prikazuje jednoliko ubrzano gibanje, jer je akceleracija stalnog pozitivnog iznosa.

Odgovor C je odabralo 88% učenika, a 10 % učenika je odabralo odgovor E, koji je djelomično točan, ali nije potpun. Samo 2% učenika je zaokružilo odgovor D kao točan odgovor, a niti jedan učenik nije zaokružio odgovor A ili B. Međutim, ukupna riješenost ovog zadatka je 76%, jer je zadatak nosio tri boda; jedan za zaokruženi točan odgovor, a preostala dva za obrazloženje zaokruženog odgovora.

Uz točno zaokruženi odgovor, u ovome se zadatku moglo naći raznih objašnjenja, koja nisu potpuna ili nisu uopće objašnjenja, poput:

Učenik 1

U V. grafu vidimo da se akceleracija ne promijeni niti u jednoj sekundi. Stalno je ista.

Učenik 2

Zato što nagib u $v-t$ grafu prikazuje akceleraciju i u $a-t$ grafu prikazuje stalnu akceleraciju.

Učenik 3

Zato što se brzina povećava, a akceleracija je stalna, ne mijenja se i različita je od 0.

Učenik 4

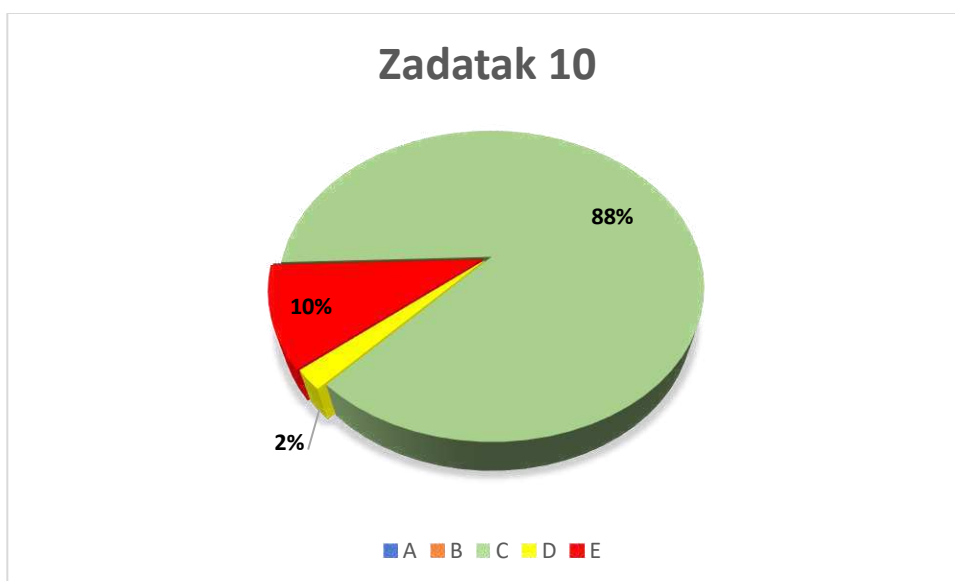
Zato što je akceleracija u $a-t$ grafu ravna linija, a u $v-t$ grafu nakošena linija.

Učenik 5

Grafovi III i I nisu zato što je to jednoliko gibanje, a IV nije također zbog nekog razloga.

Iz ovih učeničkih odgovora vidimo da učenici ne znaju fizikalno ispravno ili potpuno objasniti svoje odgovore niti interpretiraju gibanje stalnom akceleracijom kao jednoliko ubrzano ili usporeno gibanje. U ovome zadatku, kao i kod ostalih zadataka, učenici nerijetko odaberu jedan odgovor i ne razmotre druge odgovore. To se jasno vidi kod najfrekventnijeg netočnog odgovora u ovom zadatku, a to je odgovor E. Učenici su primijetili da je u tom odgovoru $a-t$ graf prikazan ravnim horizontalnom crtom te jednostavno zaključili da se radi o gibanju stalnom akceleracijom, no nisu interpretirali druge grafove i promislili o kojim gibanjima se radi te im je zbog takvog načina razmišljanja promaknuo graf II te su zaokružili nepotpun odgovor E.

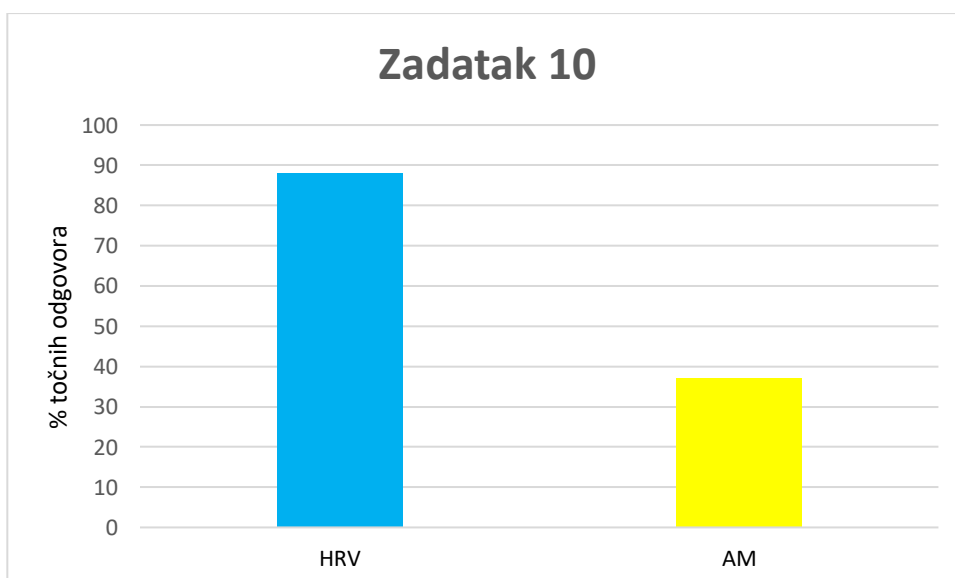
Sljedećim grafom (Slika 23.) su prikazane frekvencije pojedinih odgovora, koje su učenici zaokružili u zadatku 10:



Slika 23. Raspodjela zaokruženih odgovora za Zadatak 10.

Usporedbom rezultata ovog istraživanja s američkim rezultatima uočavam da je isti zadatak točno riješilo 37% studenata na Sveučilištu u Sjevernoj Karolini [5]

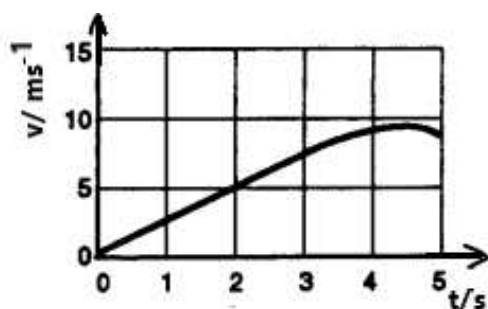
Na slici 24 je prikazan postotak točno zaokruženih odgovora za hrvatske i američke ispitanike.



Slika 24. Postotak točno zaokruženih odgovora za hrvatske i američke ispitanike na zadatku 10

4.3.11. Zadatak 11.

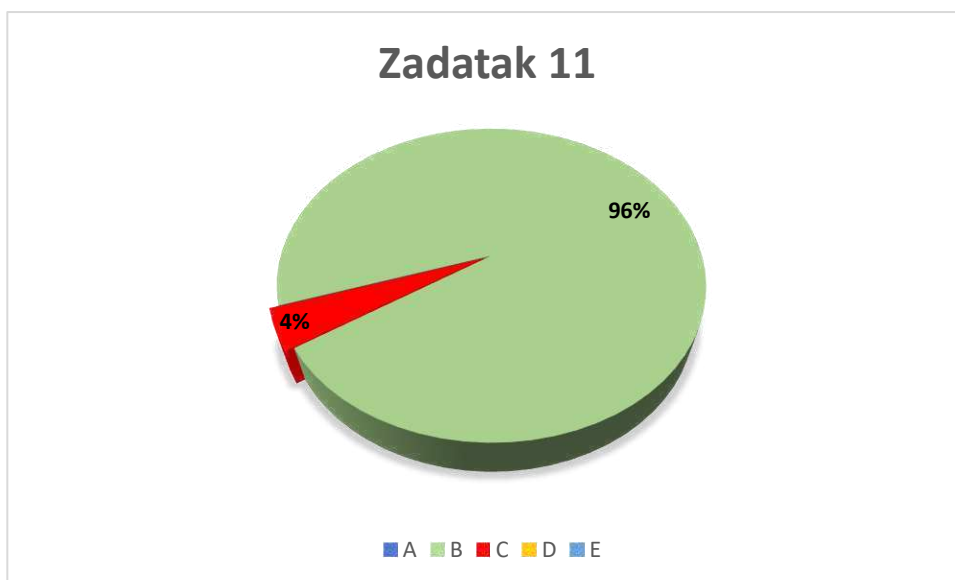
Da bismo odredili prijeđeni put tijela tijekom intervala od $t = 0\text{ s}$ do $t = 2\text{ s}$ iz grafa ćemo:



- očitati 5 izravno s osi y ,
- odrediti površinu između tog dijela grafa i vremenske osi tako što ćemo izračunati $(5 \cdot 2)/2$,
- odrediti nagib tog dijela grafa dijeljenjem broja 5 brojem 2,
- odrediti nagib tog dijela grafa dijeljenjem broja 2 brojem 5.
- Nema dovoljno informacija za odgovor.

U ovome zadatku su učenici trebali interpretirati površinu ispod grafa kao prevaljeni put u zadanom intervalu. Točan odgovor u ovome zadatku je odgovor B, kojega je zaokružilo 96% učenika, što ga čini najbolje riješenim zadatkom ovoga istraživanja. Samo dva učenika su odabrala odgovor C, što ukazuje na to da su zamijenili površinu nagibom grafa. Odgovore A, D i E nije odabrao nijedan učenik.

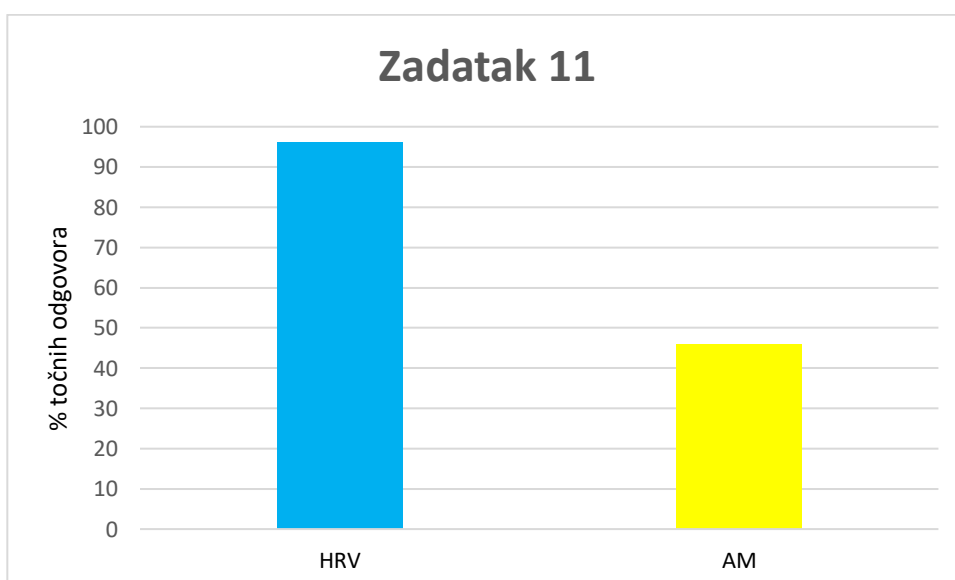
Sljedećim grafom (Slika 25.) su prikazane frekvencije pojedinih odgovora, koje su učenici zaokružili u zadatku 11:



Slika 25. Raspodjela zaokruženih odgovora za Zadatak 11.

U ovome zadatku uočavam istu poteškoću kao i kod američkih studenata koji su ovaj zadatak točno riješili s postotkom od 46% na Sveučilištu u Sjevernoj Karolini [5] te je također najfrekventniji netočan odgovor bio odgovor C.

Na slici 26 je prikazan postotak točno zaokruženih odgovora za hrvatske i američke ispitanike.

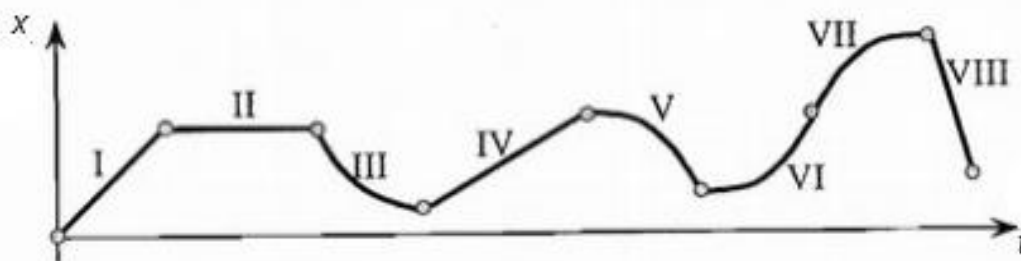


Slika 26. Postotak točno zaokruženih odgovora za hrvatske i američke ispitanike na zadatku 11.

4.3.12. Zadatak 12.

Pravocrtno gibanje tijela prikazano je $x - t$ grafom (x označava položaj tijela na osi duž koje se tijelo giba), na kojem su označeni pojedini intervali gibanja od I do VIII.

Promotri graf i odgovori na sljedeća pitanja.

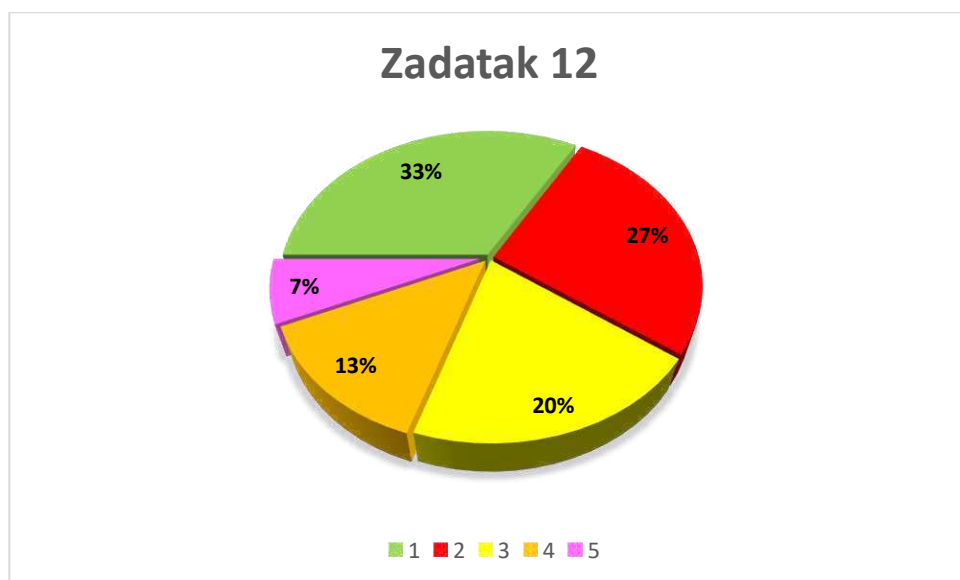


Pitanje:	Upišite odgovore:
Koji interval (ili više njih) prikazuje mirovanje tijela?	
U kojem se intervalu (ili više njih) tijelo giba stalnom brzinom?	
U kojem intervalu tijelo ima stalnu brzinu najvećeg apsolutnog iznosa?	
Kako se tijelo giba u intervalu VI (ubrzano, usporeno ili stalnom brzinom)?	
Kako se tijelo giba u intervalu VII (ubrzano, usporeno ili stalnom brzinom)?	

U ovome zadatku su učenici trebali interpretirati i opisati grafički prikaz gibanja u pojedinim intervalima. Na zadatku je ostvareno 83% bodova, a najčešće su pogreške kod ovog zadatka bile u drugom i trećem odgovoru. Na pitanje: „U kojem se intervalu (ili više njih) tijelo giba stalnom brzinom?“ učenici su odgovarali djelomično točno, izostavljajući neki od intervala, a to je bio najčešće interval VIII. Kod trećega pitanja: „U kojem intervalu tijelo ima stalnu brzinu najvećeg apsolutnog iznosa?“ uočavam sličan problem. Osam učenika je odgovorilo na to pitanje da se radi o intervalu VII, umjesto o intervalu VIII, ne primjećujući da se radi o dva različita gibanja, jednoliko usporenome i jednoliko pravocrtnome. Primjećujem da učenicima negativan nagib pravca zaista predstavlja problem. Pretpostavljam da su učenici odabrali interval VII jer je trenutna brzina najveća po apsolutnom iznosu u postignuta u tom intervalu, no u zadatku se tražila stalna brzina najvećeg apsolutnog iznosa. Moguć uzrok tomu je vjerojatno u nedostatku konceptualnog znanja iz fizike, odnosno nerazlikovanje kada je brzina stalna, a kada nije.

Zadatak je preuzet iz Zbirke zadatak iz fizike [9] autorice Nade Brković, a zadatak se nalazi u poglavlju kinematike te je primjeren za učenike prvoga razreda srednje škole.

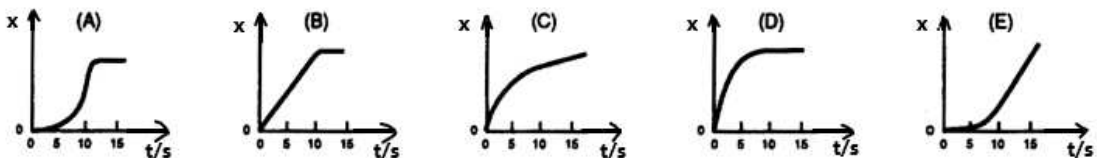
Na sljedećoj slici je prikazan frekvencije broja točnih odgovora koje su učenici ponudili u zadatku 12.



Slika 27. Raspodjela broja točnih odgovora za Zadatak 12.

4.3.13. Zadatak 13.

Tijelo se počinje gibati iz stanja mirovanja i giba se pozitivnom stalnom akceleracijom deset sekundi. Zatim se nastavlja gibati stalnom brzinom, koju je imalo na kraju ubrzavanja. Koji od sljedećih grafova ispravno opisuje to gibanje?



Objasni svoj odgovor:

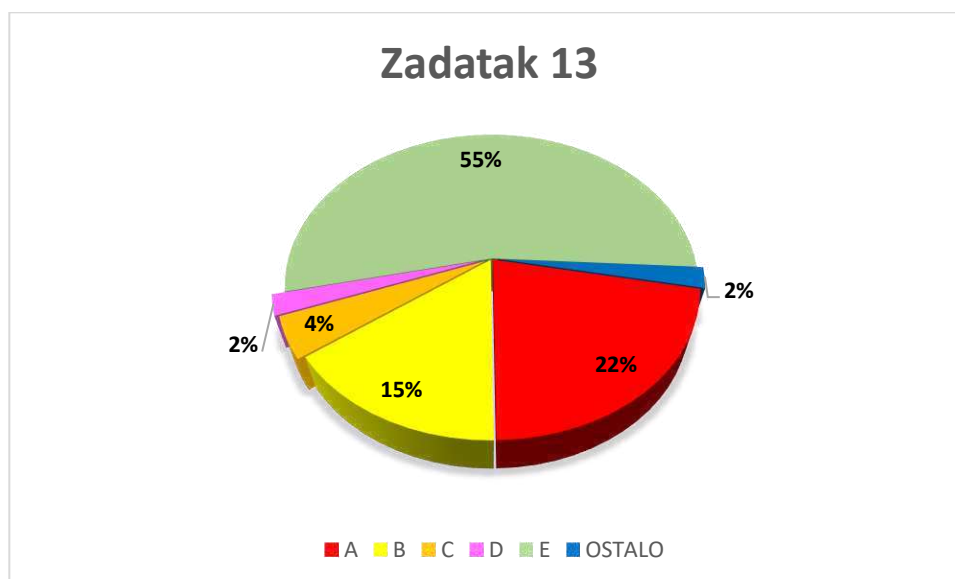
U ovome su zadatku učenici trebali odabrati $x-t$ graf koji ispravno opisuje navedeno gibanje. Tijelo na početku miruje, pa se giba pozitivnom stalnom akceleracijom, odnosno giba se jednoliko ubrzano, a zatim se nastavlja gibati stalnom brzinom odnosno jednoliko pravocrtno. Sve navedeno bi značilo da je prvi dio gibanja označen parabolom kroz deset sekundi, koja nagibom tangenti indicira sve veću brzinu gibanja, a drugi dio gibanja prikazuje pravac s pozitivnim nagibom u $x-t$ grafu, koji se glatko nastavlja na parabolu. Takav graf se nalazi u odgovoru E, kojega je odabralo 55% ispitanih učenika.

Ovaj zadatak je jako loše riješen u odnosu na ostale, jedini lošije riješen zadatak je zadatak 7 u kojemu se nije tražilo objašnjenje odgovora. Njegova ukupna riješenost je 48%, a

najfrekventniji netočan odgovor je odgovor A gdje su učenici mahom zaključili da je gibanje stalnom brzinom prikazano ravnom crtom paralelnom s x -osi u $x-t$ grafu. Čitajući učeničke odgovore, uočava se ista poteškoća i kod 15% učenika koji su zaokružili odgovor B, no moguće je da učenici nisu uopće uočili veličine na osima i da su ga zamijenili s $v-t$ grafom.

Nadalje, 4% učenika je zaokružilo odgovor C, 2% njih je zaokružilo odgovor D te isto toliko njih nije dalo odgovor na ovo pitanje ili su zaokružili više odgovora.

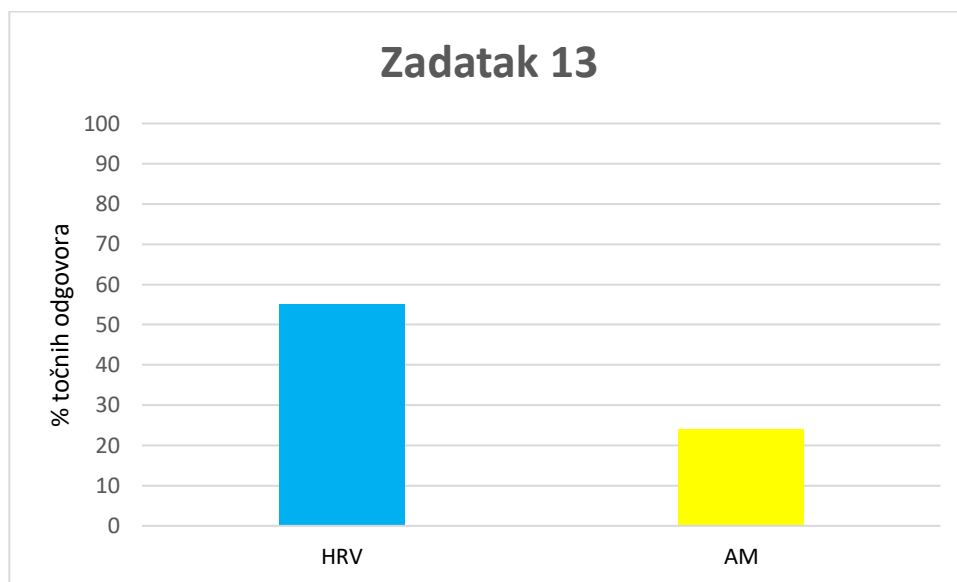
Sljedećim grafom (Slika 28.) su prikazane frekvencije pojedinih odgovora, koje su učenici zaokružili u zadatku 13:



Slika 28. Raspodjela zaokruženih odgovora za Zadatak 13.

Kada usporedim dobivene rezultate ovog istraživanja s rezultatima koje je proveo Beichner 1994. godine uočavam da je isti zadatak točno riješilo 24% studenata na Sveučilištu u Sjevernoj Karolini [5].

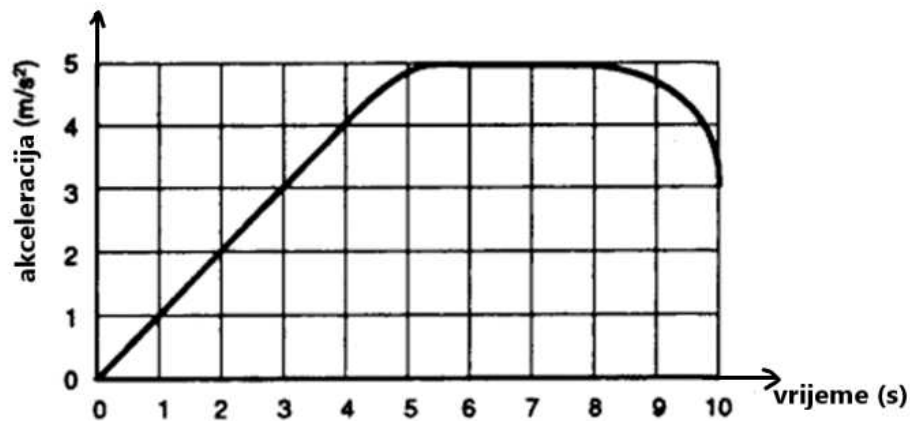
Na slici 29. je prikazan postotak točno zaokruženih odgovora za hrvatske i američke ispitanike.



Slika 29. Postotak točno zaokruženih odgovora za hrvatske i američke ispitanike na zadatku 13.

4.3.14. Zadatak 14.

Sljedeći se graf odnosi na pravocrtno gibanje nekog tijela.



Promjena brzine tijela tijekom prve tri sekunde gibanja iznosila je:

- a) 0,66 m/s
- b) 1,0 m/s
- c) 3,0 m/s
- d) 4,5 m/s
- e) 9,8 m/s

Račun:

Učenici su u ovom zadatku trebali interpretirati promjenu brzine u prve tri sekunde kao površinu ispod grafa. U ovom slučaju imamo pravokutni trokut s katetama 3 s i 3 m/s² te je njegova površina jednaka:

$$P = \frac{3 \cdot 3}{2} = 4.5 \text{ m/s}$$

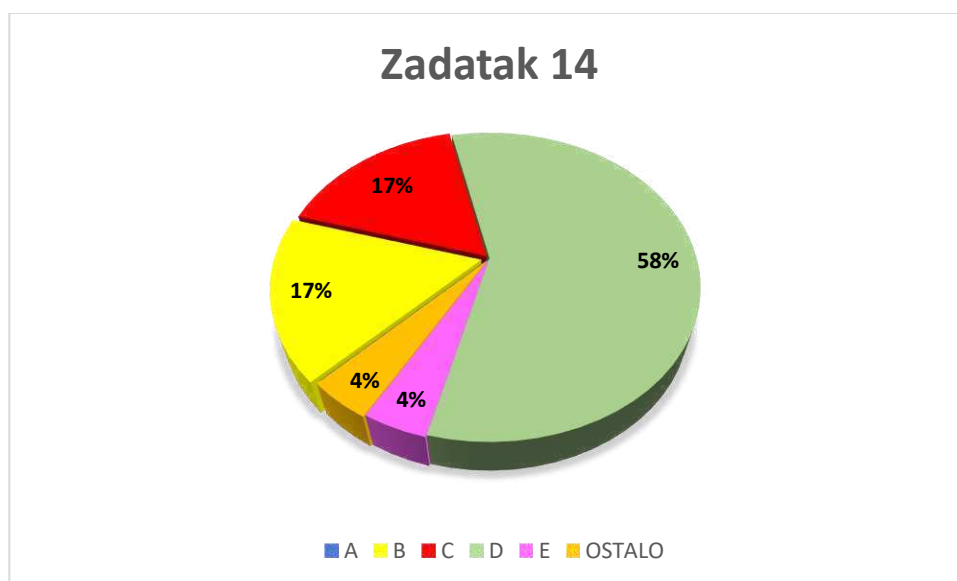
Sukladno računu, točan odgovor u ovom zadatku je odgovor D, kojega je zaokružilo 58% ispitanih učenika, no u zadatku se tražio pripadni račun na temelju kojega su učenici došli do rješenja, pa je ukupno riješen s postotkom bodova od 53%. Mali dio učenika je pisao

nepotpune račune ili izostavljao mjerne jedinice pa to objašnjava malo nižu ukupnu riješenost, no većina učenika koja je riješila zadatak imala je potpun račun.

Najfrekventniji netočni odgovori su odgovori B i C, koje je odabralo po 17 % ispitanih učenika. Analizirajući učeničke odgovore uočila sam da su oni učenici koji su zaokružili odgovor B izračunali brzinu tako što su podijelili koordinate točki odnosno koristeći netočnu formulu $v = \frac{a}{t}$.

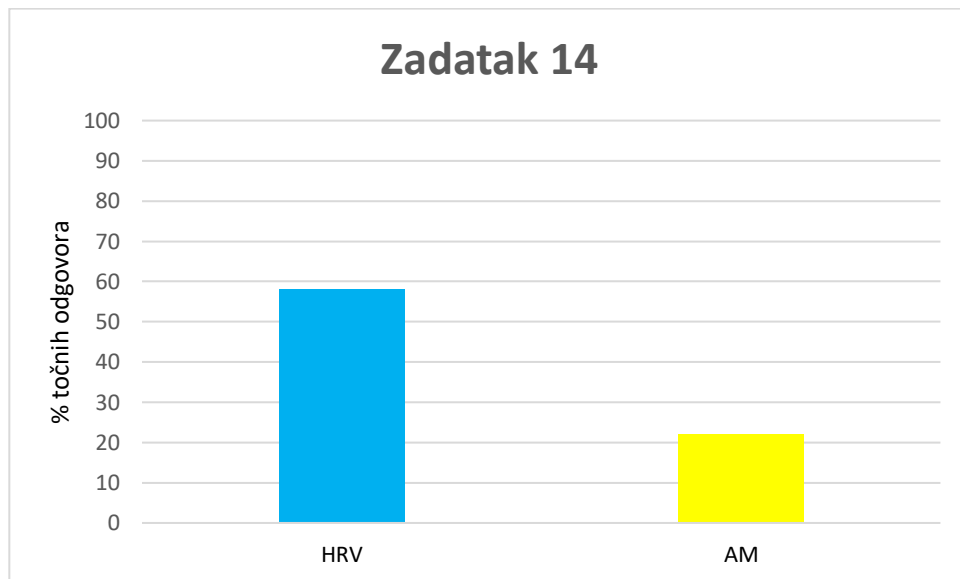
Učenici koji su zaokružili odgovor C su u svojim u svojim obrazloženjima pisali da su očitali direktno s grafa ili nisu uopće napisali objašnjenje odgovora.

Svi učenici koji su zaokružili odgovor E su kao račun naveli $\Delta v = a \cdot \Delta t = 3 \cdot 3 = 9 \text{ m/s}$, te zaokružili odgovor E koji je najbliža vrijednost tom računu. U ovome zadatku ova formula nije primjenjiva jer akceleracija nije stalna u prve tri sekunde nego se jednoliko povećava.



Slika 30. Raspodjela zaokruženih odgovora za Zadatak 14.

Isti zadatak je točno riješilo 22% studenata na Sveučilištu u Sjevernoj Karolini [5] što je jedan od lošije riješenih zadataka na tom istraživanju slično kao i kod nas, a usporedba postotka riješenosti je prikazana na sljedećoj slici.

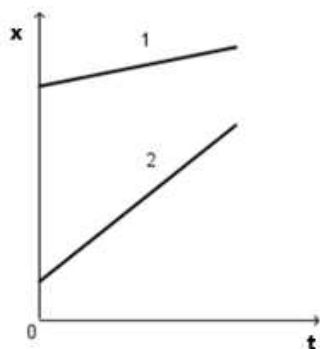


Slika 31. Postotak točno zaokruženih odgovora za hrvatske i američke ispitanike na zadatku 14.

4.3.15. Zadatak 15.

Crtež prikazuje grafove položaja u ovisnosti o vremenu za tijelo 1 i tijelo 2.

Koja je od navedenih tvrdnji za gibanja tih tijela točna?



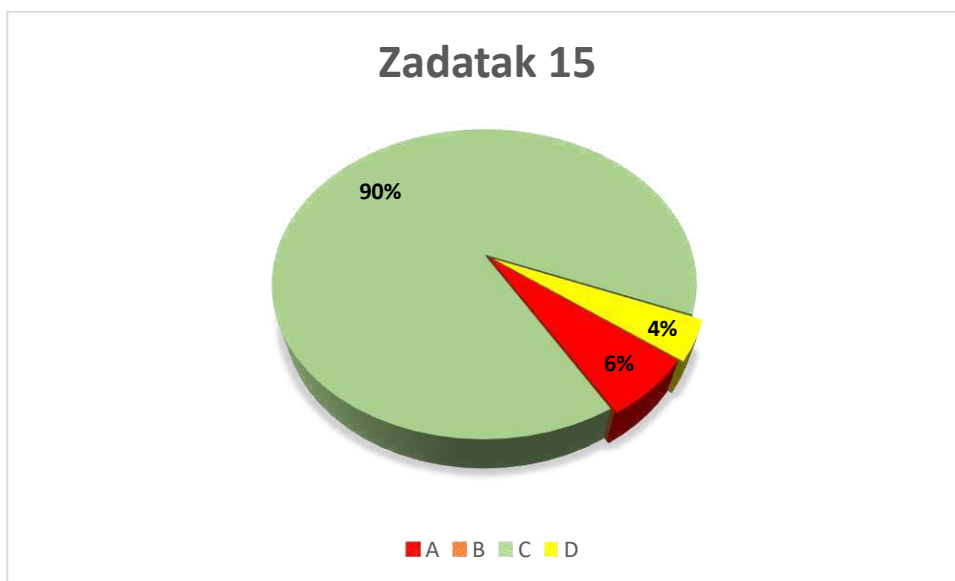
- a) Tijelo 1 ima veću brzinu od tijela 2.
- b) Tijelo 1 ima veću akceleraciju od tijela 2.
- c) Tijelo 2 ima veću brzinu od tijela 1.
- d) Tijelo 2 ima veću akceleraciju od tijela 2.

Objasni svoj odgovor: _____

U ovome su zadatku učenici trebali interpretirati značenje nagiba u $x-t$ grafu, što su učinili s točnošću od 65%. Ovaj zadatak je bodovan jednim bodom za točno zaokružen odgovor, a preostala dva boda je nosilo potpuno objašnjenje odgovora. Točan odgovor ovog zadatka je odgovor C, kojega je zaokružilo čak 90% učenika. Odgovor A je odabralo 6% učenika, a odgovor D 4% učenika. Odgovor B nije zaokružio niti jedan učenik. Zanimljiva je razlika u postotcima bodova na ovom zadatku i frekvenciji točno odabranog odgovora, gdje vidimo da učenici ne tumače ispravno nagib pravca. Učenici su obično davali nepotpune odgovore gdje nisu promatrali sve slučajeve, nisu prepoznali o kakvom je

gibanju riječ, a vidimo da i nagib pravca koji ne prolazi kroz ishodište stvara učenicima dodatan problem.

Ovaj zadatak je preuzet iz Ispitne knjižice Državne mature u ljetnom roku školske godine 2014./2015.[8], a na sljedećoj slici su (Slika 32.) prikazane frekvencije pojedinih odgovora koje su učenici zaokružili u zadatku 15:

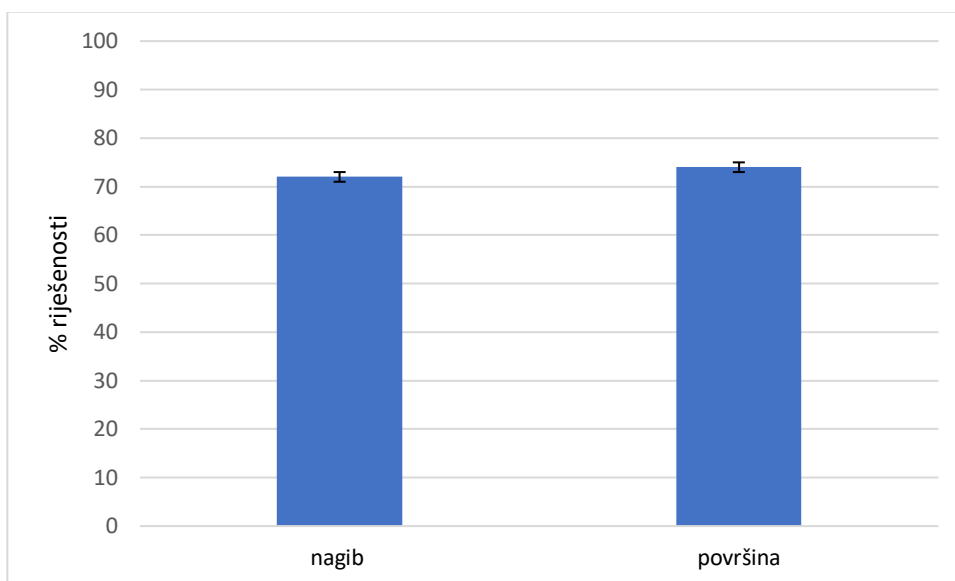


Slika 32. Raspodjela zaokruženih odgovora za Zadatak 15.

4.4. Obrada rezultata po kategorijama

Već sam ranije spomenula da sve navedene zadatke možemo kvalificirati u dvije skupine, a to su problem površine ispod grafa i problem nagiba grafa. Ove dvije skupine predstavljaju dvije klase najčešćih poteškoća kod učenika prilikom tumačenja grafičkih prikaza gibanja. Zadaci 3,8,11 i 14 se odnose na interpretiranje površine ispod grafa, a ostali zadaci se odnose na nagib grafa.

Bez obzira što je broj zadataka koji se tiču problema nagiba grafa je skoro tri puta veći nego broj zadataka problema površine, postotak riješenosti za obje kategorije je statistički jednak.



Slika 33. Srednji postotak riješenosti za hrvatske učenike po kategorijama nagiba i površine

4.4.1 Problem nagiba grafa

Ranija su istraživanja pokazala da učenici nešto bolje primjenjuju koncept nagiba nego koncept površine u zadacima fizikalnog konteksta. Ovo istraživanje je pokazalo da je koncept nagiba podjednako zahtjevan ispitivanim učenicima kao i koncept površine, no smatram da je na to uvelike utjecao broj zadataka, kao i mali uzorak gimnazijalaca.

Učenici su jedanaest zadataka koji pripadaju ovoj kategoriji riješili sa 72 % bodova.

Prikaz navedenih statističkih podataka se nalazi u sljedećoj tablici:

kategorija	nagib
broj zadataka	11
srednja vrijednost (\bar{x})	1,76
standardna devijacija (σ)	1,35
standardna pogreška srednje vrijednosti ($s_{\bar{x}}$)	0,41

Tablica 2. Prikaz statističkih podataka

4.4.2. Problem površine ispod grafa

U ovu kategoriju zadataka su pripadali zadaci 3,8, 11 i 14 koje su učenici riješili s prosječnim brojem bodova od 74%.

Za ovu kategoriju zadataka sam također izračunala srednju vrijednost, standardnu devijaciju te standardnu pogrešku srednje vrijednosti. Za računanje standardne devijacije i standardne pogreške srednje vrijednosti koristila sam formule alata Microsoft Excel.

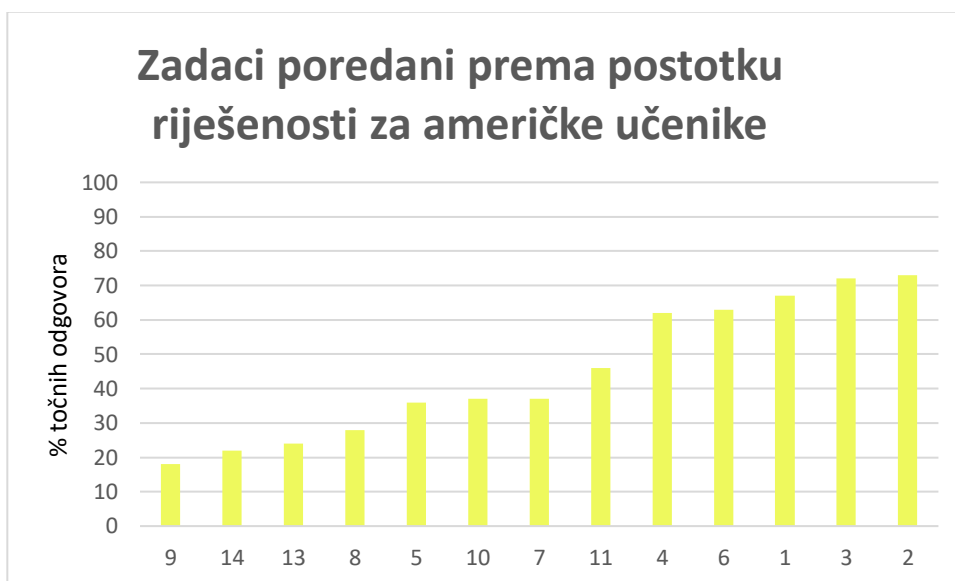
kategorija	površina
broj zadataka	4
srednja vrijednost (\bar{x})	1,84
standardna devijacija (σ)	1,20
standardna pogreška srednje vrijednosti ($s_{\bar{x}}$)	0,60

Tablica 3. Prikaz statističkih podataka

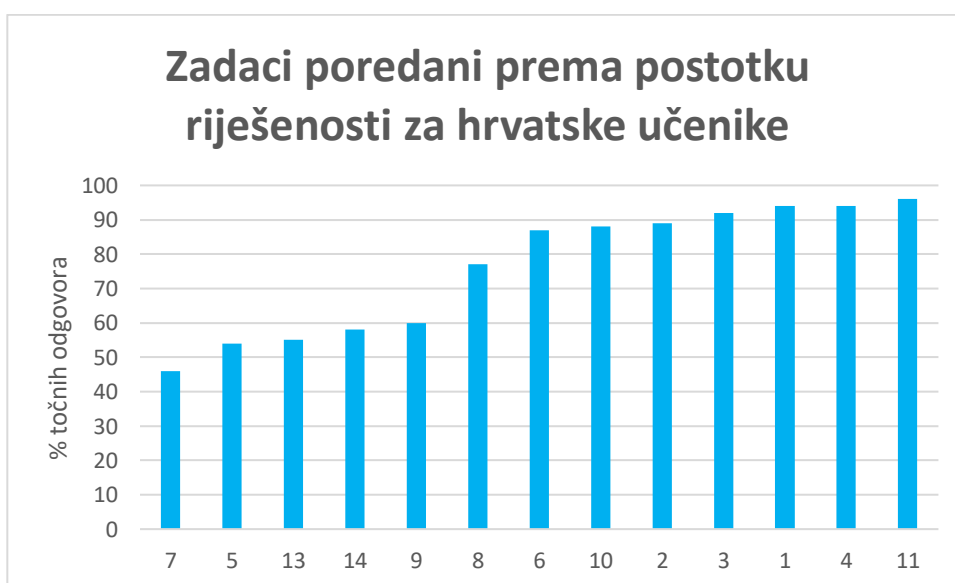
4.5. Usporedba hrvatskih i američkih ispitanika

U ovom poglavlju ću analizirati točno zaokružene odgovore po zadacima za hrvatske učenike i američke studente, iz razloga što je u američkom istraživanju bilo potrebno samo zaokružiti jedan od ponuđenih odgovora bez dodatnih objašnjenja.

Valja napomenuti da se američko istraživanje provodilo skoro 30 godina ranije među učenicima i studentima na puno većem broju ispitanika. Naime, prof. Beichner je proveo istraživanje među 895 učenika srednje škole i studenata u odnosu na 48 učenika ovog istraživanja.



Slika 34. Zadaci poredani po postotku riješenosti za američke ispitanike



Slika 35. Zadaci poredani prema postotku riješenosti za hrvatske učenike

Iz ova dva grafa vidimo da su zadaci 9,14,13,8 i 5 pet najtežih zadataka i za američke i za hrvatske učenike. Najteži zadatak za američke učenike i studente je bio zadatak 9, a za hrvatske učenike zadatak 7. Vodeći se statistikom riješenosti testa koje je proveo Beichner [5] odabrala sam zadatke 1,2 i 3 za početak testa, kako ne bih stavila najteže zadatke. Hrvatski učenici su također dobro riješili prva tri zadatka, no ipak su najbolje riješeni zadaci 4 i 11.

Što se tiče kategorija zadataka, zanimljivo je da se među pet najtežih zadataka za učenike nalaze dva zadatka s problemom površine (8 i 14) te tri zadatka s problemom nagiba (9,13 i 5). Na osnovi toga možemo zaključiti da hrvatskim učenicima i američkim studentima skoro podjednako stvaraju probleme i nagib i površina.

5. ZAKLJUČCI I IMPLIKACIJE ZA NASTAVU

Nakon provedenog istraživanja i detaljne analize testova mogu zaključiti da su grafički prikazi gibanja ispitivanim hrvatskim učenicima u nekim dijelovima još uvijek problem, premda su većinu zadataka dobro riješili. Iako je samo istraživanje bilo usmjereno na problem razumijevanja nagiba i površine ispod grafa, kroz učeničke odgovore vidljive su tipične učeničke poteškoće u razumijevanju grafova, a to su: tretiranje grafa kao slike, nerazlikovanje nagiba i visine grafa, zamjena točke i intervala i poteškoće s određivanjem površine ispod grafa.

Uspoređujući rezultate američkog istraživanja [5] vidim da hrvatski učenici imaju iste poteškoće kao i američki učenici i studenti tridesetak godina ranije što ukazuje na to da će neki koncepti u fizici učenicima uvijek biti teže razumljivi. Pet istih zadataka je bilo najteže za riješiti i hrvatskim i američkim učenicima, premda su hrvatski učenici riješili sve zadatke sa znatnom boljom točnošću od američkih. Jedan od razloga tome je mali i specifičan uzorak hrvatskih gimnazijalaca, koji su netom završili gradivo kinematike, dok je američki uzorak puno veći i nehomogeniji. Na temelju ovoga istraživanja nije moguće zaključivati o cijeloj populaciji hrvatskih učenika. U ovome specifičnom uzorku vidim da se postigao veliki napredak u učeničkom razumijevanju grafova kod ispitanih učenika. Naime, sve veći postotak učenika razumije grafičke prikaze gibanja što ukazuje na to da učenici posjeduju bolje konceptualno znanje iz fizike. Ipak se još uvijek primjećuju i neke od poznatih poteškoća s interpretacijom grafova.

Suprotno od prethodnih istraživanja, ispitani učenici ovog testiranja imali su podjednako poteškoća pri rješavanju problema površine ispod grafa i problema nagiba. Međutim, zadataka koji se tiču površine bilo je skoro trostruko manje nego zadataka s problemima nagiba pa vjerujem da je i ta činjenica utjecala na ovu usporedbu.

U nastavi fizike bi poseban naglasak trebalo staviti na crtanje i interpretiranje grafičkih prikaza gibanja te što češće povezivati $x-t$ graf s pripadnim $v-t$ i $a-t$ grafom, kao i samo

gibanje s grafičkim prikazima. Učenicima najveći problem stvaraju negativan nagib pravca i pravac koji ne prolazi kroz ishodište pa bi nastavnici trebali u nastavi više analizirati takve grafove. Među lošije riješenim zadacima u ovom istraživanju su i zadaci gdje su učenici trebali interpretirati i riječima opisati gibanje na temelju grafa. Nastavnici bi mogli pomoću simulacija učenike potaknuti na povezivanje grafa i gibanja, poticati samostalno crtanje grafova gibanja koje vide, inzistirati na interpretaciji grafičkog prikaza te pažnju učenika usmjeriti i na oznake na osima. Bitno je učenike korigirati u njihovim obrazloženjima kako bi oni bili što točniji u fizikalnom smislu i na taj način učenicima pokazati da važnost pravilnog izražavanja u fizici.

Učenike je bitno poticati na rad kako bi bili što aktivniji u pronalasku vlastitih rješenja te na takav način smanjiti isključivo oslanjanje na formule, koje ponekad blokiraju kreativno razmišljanje učenika.

6. LITERATURA

- [1] MZOŠ, *Kurikulum nastavnog predmeta Fizika za osnovne škole i gimnazije*. Dostupno na https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_01_10_210.html (rujan 2023.)
- [2] M.Planinić, *Skripta iz Metodike nastave fizike 1, radna verzija* (2021.)
- [3] MZOŠ, *Kurikulum nastavnog predmeta Matematika za osnovne škole i gimnazije*. Dostupno na https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_01_7_146.html (rujan 2023.)
- [4] M.PLANINIĆ, L.IVANJEK, A.SUŠAC, Ž.MILIN -ŠIPUŠ, *COMPARISON OF UNIVERSITY STUDENTS' UNDERSTANDING OF GRAPHS IN DIFFERENT CONTEXTS*, PHYS. REV. ST PHYS. EDUC. RES. 9, 020103 (2013.)
- [5] Robert J.Beichner, *Testing student interpretation of kinematics graphs*. AMERICAN JOURNAL OF PHYSICS 62, pp.750-762.DOI:10.1119/1.17449. (1994.)
- [6] M.Planinić,L.Ivanjek,M. Hopf,A. Sušac *Student difficulties with graphs in different contexts*. Cognitive and Affective Aspects in Science Education Research ,pp.167-178. DOI :[10.1007/978-3-319-58685-4_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-58685-4_13) (2017.)
- [7]M.Planinić,L.Ivanjek,A.Sušac,Ž. Milin-Šipuš, *Transfer znanja: Grafovi u različitim kontekstima* (2014.)
- [8] NCVVO, *Provedeni ispiti*, Dostupno na <https://www.ncvvo.hr/dm-2014-2015-ljetni-rok/>
- [9] N.Brković, *Zbirka zadataka iz fizike 1-3*, LUK, Zagreb, 2001.

7. SAŽETAK

U ovom diplomskom radu je istraženo koliko učenici u srednjoj školi razumiju grafičke prikaze gibanja. Konstruiran je test o interpretaciji grafova od 15 zadataka i pomoću njega je provedeno istraživanje razumijevanja grafova na uzorku od 48 učenika jedne zagrebačke gimnazije. Svi zadatci su podijeljeni u dvije osnovne skupine: problem nerazumijevanja nagiba grafa i površine ispod grafa. Na temelju analize rezultata zaključeno je da učenici imaju podjednako poteškoća pri rješavanju problema površine ispod grafa i problema nagiba. Nadalje, dobiveni rezultati su uspoređeni s jednim američkim istraživanjem provedenim na 895 učenika i studenata. Na temelju usporedbe utvrđeno je da hrvatski i američki ispitanici imaju iste poteškoće što ukazuje na to da će neki koncepti u fizici učenicima uvijek biti teže razumljivi. Hrvatski učenici su riješili sve zadatke sa znatnom boljom točnošću od američkih. Jedan od razloga tome je mali i specifičan uzorak hrvatskih gimnazijalaca gdje je provedeno istraživanje ubrzo nakon što su završili gradivo kinematike, dok je američki uzorak puno veći i nehomogeniji. Na temelju ovoga istraživanja se ne može zaključivati o cijeloj populaciji hrvatskih učenika, no pronađeno je da učenicima najveći problem stvaraju negativan nagib pravca i pravci koji ne prolaze kroz ishodište te interpretacija i opisivanje grafičkih prikaza gibanja. U nastavi fizike nastavnici bi trebali više analizirati tako opisane grafove te inzistirati na interpretaciji grafičkog prikaza i pritom poticati učenike na rad i razvijanje kreativnog mišljenja pri pronalasku vlastitih rješenja fizikalnih problema.

8.SUMMARY

In this diploma thesis, it was investigated how well students in high school understand graphic representations of motion. Research was conducted on 48 students at Zagreb high school who were tested on interpretation of 15 graphic representations of motion. There were two separate questions that we wanted to evaluate: student's understanding of the meaning of the slope of the motion graph and the student's understanding of the meaning of the area under the graph. Based on the analysis of the results, it was concluded that students have equal difficulty in solving the problem of the area under the graph and the slope problem. The results that were collected during this thesis were compared with one of the American research projects that was conducted on 894 students, and it is concluded that both Croatian and American students have the same comprehension problems. This indicates that there will always be some physical concepts that will be harder to understand. Croatian students solved all tasks with significantly better accuracy than American students. This might be due to the smaller and more specific group of students that were tested since the research took part right after they completed the kinematics lectures. Based on this research, it is not possible to draw conclusions about the entire population of Croatian students. What was found is that students have most problems while understanding the negative slope of the direction and directions that do not pass through the origin, as well as the interpretation and description of graphic representations of motion. In physics classes, teachers should analyze the graphs way more and insist on the interpretation of the graphic representation while encouraging students to think more critically while finding their own solutions to the physics problems.

9. ŽIVOTOPIS

Zovem se Karolina Boras . Rođena sam 08.05.1992. godine u Splitu. Pohađala sam Osnovnu skolu Ivane Brlić – Mažuranić u Ljubuškom, a nakon toga sam upisala Gimnaziju Ljubuški. Svoje školovanje sam prvotno nastavila sam na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Splitu, a u ožujku 2018. godine na Fakultetu prirodoslovno-matematičkih i odgojnih znanosti u Mostaru stječem diplomu prvostupnice matematike i fizike. Godine 2018. dolazim u Zagreb gdje nastavljam studij matematike i fizike, nastavnički smjer.