

# Analiza rezultata konceptualnih zadataka na ispitima državne mature iz fizike

---

**Motočić, David**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*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:217:613820>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-17**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
FIZIČKI ODSJEK

INTEGRIRANI PREDDIPLOMSKI I DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI  
STUDIJ FIZIKA I INFORMATIKA; SMJER: NASTAVNIČKI

**David Motočić**

Diplomski rad

**Analiza rezultata konceptualnih  
zadataka na ispitima državne mature iz  
fizike**

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

Ocjena diplomskog rada: \_\_\_\_\_

Povjerenstvo: 1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

Datum polaganja: \_\_\_\_\_

Zagreb, 2024.

## Sažetak

Državna matura iz fizike je izborni završni pismeni ispit koji učenici polažu nakon završetka četvrtog razreda srednjoškolskog školovanja. Ispit državne mature iz fizike je standardiziran i provodi se na velikom uzorku maturanata srednjih škola te nam je time jedan od najboljih pokazatelja znanja i razumijevanja fizike kod učenika Republike Hrvatske. Analizirani ispiti za ovaj rad sastojali su se od 25 zadataka zatvorenog tipa te 12 zadataka otvorenog tipa. Većina zadataka zatvorenog tipa su konceptualni zadaci, koji su važni za analizu učeničkog razumijevanja sadržaja fizike.

U ovome se radu, na temelju podataka iz nekoliko provedenih ispita državne mature iz fizike, identificiraju i analiziraju odgovori učenika na konceptualna pitanja te pomoću toga njihove pogreške pri razumijevanju koncepata s kojima se susreću tijekom nastave fizike. Zadaci su podijeljeni po područjima fizike i obrazovnim ishodima te su diskutirani oni koji najbolje ukazuju na učeničko razumijevanje koncepata te na moguće pripadne poteškoće.

Prema rezultatima učenika na pojedinim zadacima pokušat će se dati razlozi opaženog stupnja riješenosti i povezanih učeničkih poteškoća te pružiti smjernice za nastavu fizike koja može uroditi boljim razumijevanjem koncepata iz fizike i boljim rezultatima na državnoj maturi iz fizike.

Ključne riječi: Državna matura, konceptualni zadaci, fizika

# **Analysis of the results of conceptual questions on physics state matriculation exams**

## **Abstract**

Physics state matriculation exam is an optional written exam, that students take after finishing the fourth grade of high school. The state matriculation exam in physics is standardized and is conducted on a large sample of high school graduates, so it is one of the best indicators of knowledge and understanding of physics of high school graduates in the Republic of Croatia. Analyzed exams for this thesis consisted of 25 closed-ended questions and 12 open-ended questions. Most of the closed-ended questions are also conceptual and important for the analysis of student understanding of physics content.

In this thesis, based on the data from several physics state matriculation exams, students' answers to conceptual questions and their errors in understanding the concepts encountered during physics classes are identified and analyzed. The physics problems are divided by areas of physics and educational outcomes, and the problems that best indicate the high school graduate's understanding of the concepts and the possible difficulties that may arise with them are discussed.

According to the students' results on individual tasks, an attempt will be made to give reasons for the observed degree of success and related student difficulties, and to provide guidelines for teaching physics that can result in a better student understanding of concepts in physics and better results at the state matriculation exam in physics.

Keywords: state matriculation exam, conceptual problems, physics

## Sadržaj

|   |    |
|---|----|
| 1. Uvod.....  | 1  |
| 1.1 Državna matura .....  | 1  |
| 2. Državna matura iz fizike.....  | 3  |
| 2.1 Ispitni katalog.....  | 3  |
| 2.2 Područja ispitivanja, obrazovni ishodi i struktura ispita .....     | 3  |
| 2.3 Podaci o pristupnicima i rezultatima državne mature iz fizike ..... | 5  |
| 3. Konceptualni zadaci u nastavi fizike .....                           | 7  |
| 4. Metodologija istraživanja .....                                      | 9  |
| 5. Rezultati .....  | 10 |
| 6. Diskusija .....  | 14 |
| 6.1 Analiza zadatka po težini .....                                     | 14 |
| 6.2 Analiza zadatka po području ispitivanja .....                       | 18 |
| 6.3 Analiza zadatka prema korištenim alatima .....                      | 34 |
| 7. Zaključci i implikacije za nastavu .....                             | 41 |
| 8. Literatura.....  | 43 |
| 9. Dodatak.....   | 45 |
| 9.1. Zadaci iz mehanike .....   | 45 |
| 9.2. Zadaci iz termodinamike.....                                       | 51 |
| 9.3. Zadaci iz elektromagnetizma .....                                  | 55 |
| 9.4. Zadaci iz titranja, valova i optike.....                           | 61 |
| 9.4. Zadaci iz moderne fizike .....                                     | 66 |

## 1. Uvod

### *1.1 Državna matura*

Državna matura obvezni je završni pismeni ispit koji učenici gimnazija polažu nakon završetka četvrtog razreda tijekom svog srednjoškolskog obrazovanja [1].

Državnom maturom se provjeravaju i vrednuju postignuta znanja, vještine i sposobnosti učenika koje su prethodno stekli tijekom obrazovanja u osnovnoj i srednjoj školi u skladu s propisanim nacionalnim kurikulumom. Na temelju rezultata državne mature se objektivno i nepristrano ocjenjuje znanje svakog pojedinog učenika te se dobiva usporediva ocjena svih učenika u Republici Hrvatskoj, koja učenicima služi za daljnje školovanje.

Učenici gimnazija obavezni su pristupiti ispitu državne mature, dok učenici strukovnih i umjetničkih škola državnu maturu polažu samo ako planiraju nastaviti svoje obrazovanje na nekom od visokih učilišta [2].

Ispiti državne mature iz hrvatskog jezika, stranog jezika i matematike su obavezni, no postoje i izborni predmeti koji su potrebni za upis na određene fakultete ili samo pridonose broju bodova za upis, među kojima je najpopularniji ispit državne mature iz fizike.

Državnu maturu u suradnji sa školom provodi Nacionalni centar za vanjsko vrednovanje obrazovanja.

Sadržaj, uvjeti, način i postupak polaganja državne mature i ispita državne mature propisan je Pravilnikom o polaganju državne mature.

Budući da na ispit državne mature iz fizike izlaze oni učenici koji su odabrali fakultete koji to od njih zahtijevaju, ili dodatno vrednuju taj ispit, može se pretpostaviti da ti učenici vjerojatno znaju fiziku bolje od ostataka maturanata, pa nažalost nemamo idealan pokazatelj razumijevanja gradiva fizike svih učenika srednje škole. No, i dalje imamo velik broj pristupnika, oko 30% svih maturanata, tako da će nam podaci sigurno biti dobar izvor informacija.

Ovo je istraživanje provedeno pomoću statističkih analiza provedenih ispita iz fizike s ljetnih rokova državnih matura školskih godina 2017./18.-2020./21. dobivenih sa stranica Nacionalnog centra za vanjsko vrednovanje i obrazovanje (NCVVO) [3-6].

U navedenim dokumentima nalaze se podaci o riješenosti pojedinih zadataka na maturi s postotcima osvojenih bodova na zadacima otvorenog tipa te zastupljenosti odgovora po distraktorima na zadacima zatvorenog tipa, što će se koristiti u ovom istraživanju. U Dodatku su prikazani svi analizirani zadaci, grupirani prema području fizike koje ispituju. Analizirani su samo ispiti školskih godina 2017./18.-2020./21. jer ostali ispiti nemaju dostupnu statistiku po pojedinim zadacima.

Cilj je ovoga rada pomoću analize rezultata na konceptualnim pitanjima pronaći učeničke poteškoće u razumijevanju koncepata iz fizike, vidjeti koje kategorije konceptualnih zadataka učenici rješavaju manje uspješno od ostalih te kako se te informacije mogu iskoristiti u nastavi fizike kako bi učenici ostvarili bolje razumijevanje fizike, a time se i bolje pripremili za ispit državne mature iz fizike.

## **2. Državna matura iz fizike**

### ***2.1 Ispitni katalog***

Ispitni katalog za državnu maturu nam jasno opisuje što će se i na koji način ispitivati u ispitu državne mature iz fizike [7]. U ispitnome katalogu navedene su sve informacije o obliku i sadržaju ispita te je jasno određeno što se očekuje od pristupnika na ispitu.

Ispitni katalog je usklađen s nacionalnim kurikulumom fizike u gimnazijama. Trebalo bi uzeti u obzir da se u praksi poučavanje fizike razlikuje u raznim vrstama gimnazija, zbog različitog broja sati i donekle različitog kurikuluma, te na državnoj maturi ispitivati samo osnovna znanja i vještine, koja su trebali usvojiti i razviti svi učenici, neovisno o vrsti gimnazije i inačici programa. No, u stvarnosti nije tako i ispitni katalog odnedavno prati program prirodoslovno - matematičkih gimnazija, koje imaju veći broj sati fizike tjedno od ostalih gimnazija. Ispit državne mature je i dalje jednak za sve učenike, iako većina pristupnika nema isti program kao učenici prirodoslovno-matematičkih gimnazija. Ispitni katalog bio je isti za sve državne mature korištene u ovom radu.

U ispitnim katalogu navedena su područja ispitivanja, ključna znanja i vještine koje se ispituju ispitom, opisani su način ispitivanja, struktura i oblik ispita, vrste zadataka, način rješavanja i vrednovanja zadataka i ispitnih cjelina, primjeri zadataka s detaljnim objašnjenjem te je objašnjeno kako se treba pripremiti za ispit.

### ***2.2 Područja ispitivanja, obrazovni ishodi i struktura ispita***

Ispitom državne mature iz fizike se provjerava u kojoj mjeri učenici znaju i mogu primijeniti koncepte i zakone iz područja Mehanike, Termodinamike, Elektromagnetizma, Titranja, valova, optike te Moderne fizike, kao i povezana matematička i eksperimentalna znanja i vještine. Svako od navedenih područja fizike ima svoje obrazovne ishode, koje pristupnik mora usvojiti kako bi ostvario dobre rezultate na ispitu.

Pristupnici ispitu državne mature iz fizike dobivaju sigurnosnu vrećicu s ispitnim materijalima među kojima su dvije ispitne knjižice. Prva ispitna knjižica sadrži pitanja višestrukog izbora, a druga zadatke otvorenog tipa. Pristupnici također dobivaju knjižicu s najvažnijim formulama i konstantama, list za odgovore te listove za koncept, koji se ne



boduje. U zadacima zatvorenoga tipa pristupnik označuje točan odgovor na listu za odgovore znakom X dok u zadatke otvorenog tipa pristupnik upisuje postupak i točan odgovor u ispitnu knjižicu.

Ispit traje 180 minuta bez stanke. Pristupnicima je dopušteno korištenje kemijske olovke s plavom ili crnom tintom, jedno ravnalo ili trokut te džepno računalo [7].

U ispitnom je katalogu propisan broj zadataka otvorenoga i zatvorenoga tipa te bodovni udio po područjima ispitivanja, što je prikazano u Tablici 1.

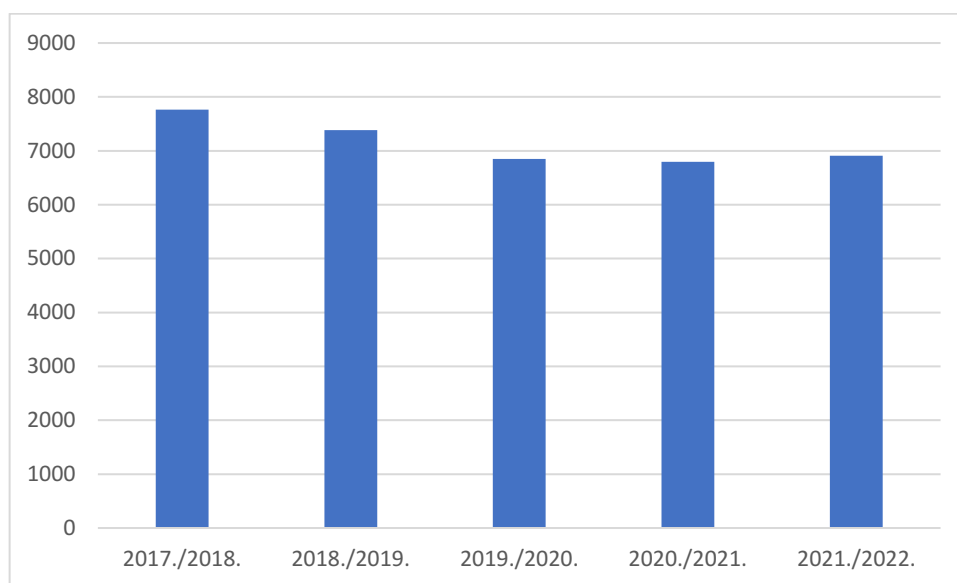
| Područje ispitivanja      | Bodovni udio | Zadaci zatvorenoga tipa | Zadaci otvorenoga tipa |
|---------------------------|--------------|-------------------------|------------------------|
| Mehanika                  | 25%          | 6                       | 3                      |
| Termodinamika             | 15%          | 4                       | 2                      |
| Elektromagnetizam         | 25%          | 6                       | 3                      |
| Titranje, valovi i optika | 20%          | 6                       | 2                      |
| Moderna fizika            | 15%          | 3                       | 2                      |
| <b>Ukupno</b>             | <b>100%</b>  | <b>25</b>               | <b>12</b>              |

Tablica 1. Sadržaj ispita državne mature iz fizike 2017/18-2021/22.

U ispitu državne mature iz fizike se do 2017. godine nalazilo 24 zadatka zatvorenoga tipa, koji su nosili 60% ukupnog broja bodova te 11 zadataka otvorenoga tipa, koji su nosili ostalih 40% ukupnog broja bodova. Od 2017. do 2022. se ispit promijenio na strukturu prikazanu u Tablici 1, u kojoj 25 zadataka zatvorenoga tipa nose 42% ukupnog broja bodova te 12 zadataka otvorenoga tipa nose preostalih 58%. Na državnoj maturi 2022-2023 se opet dogodila promjena, koja je vratila strukturu ispita kao što je bila do 2017.

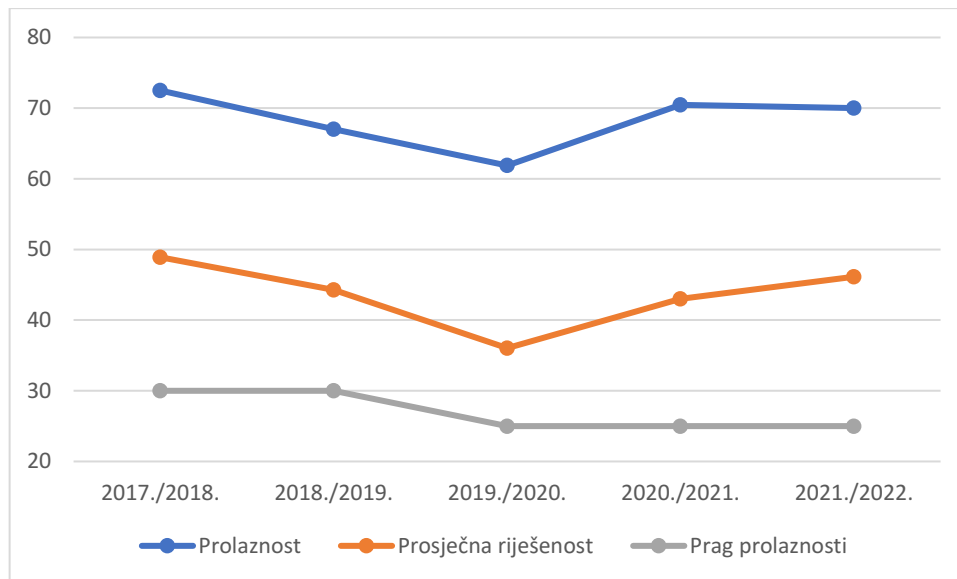
### 2.3 Podaci o pristupnicima i rezultatima državne mature iz fizike

Prema podacima NCVVO [3-6,9] oko 25% maturanata pristupa ispitu fizike na državnoj maturi te je ona bila najčešće odabrani izborni predmet svake godine korištene za ovo istraživanje. Državnoj maturi iz fizike pristupa između 6500 i 8000 pristupnika svake godine. Razlike u brojevima uglavnom su uzrokovane varijacijama u ukupnom broju maturanata budući da je postotak maturanata koji izlazi na izborni ispit iz fizike poprilično konstantan. Broj pristupnika kroz godine možemo vidjeti na Slici 1.



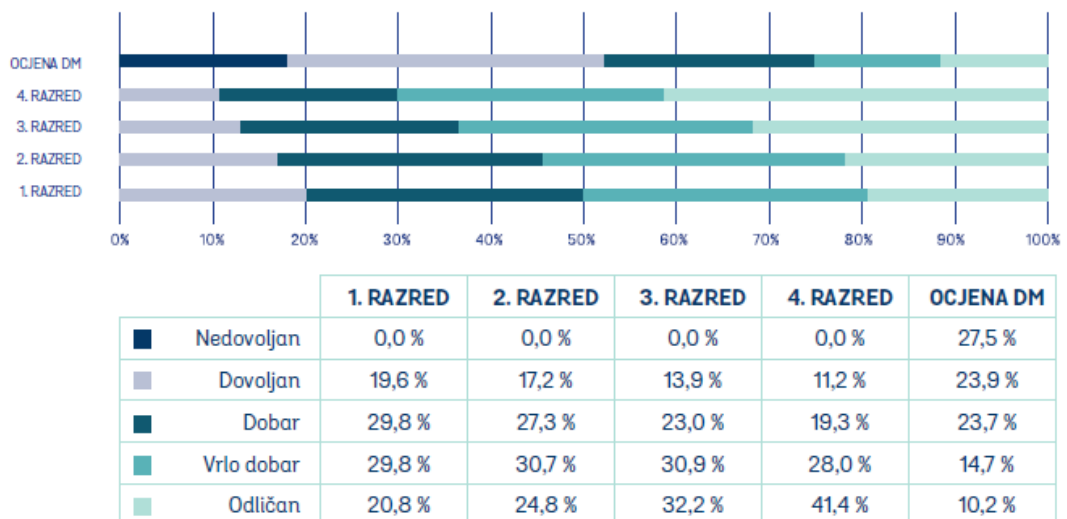
Slika 1. Broj maturanata na ljetnim rokovima državne mature iz fizike u promatranome razdoblju. U počecima državne mature udio učenika gimnazija i strukovnih škola, koji su pristupali državnoj maturi iz fizike, bio je podjednak, no u zadnjih se sedam godina raspodjela promijenila te je udio gimnazijalaca porastao na oko 65%, a udio učenika strukovnih škola se smanjio na oko 35%.

Prag prolaznosti na ispitu iz fizike se od uvođenja državne mature mijenjao od 22.5% do 30% te sada stoji na 25% osvojenih bodova. Prolaznost se kroz godine kretala oko 70%, a prosječna riješenost ispita oko 45%. Riješenost i prolaznost najviše odstupaju od prosjeka godine 2019./2020. čemu je vjerojatno najveći uzrok online nastava uzrokovana pandemijom COVID-19. Navedene podatke možemo vidjeti prikazane na Slici 2.



Slika 2. Postotak prolaznosti, prosječne riješenosti te praga prolaznosti ispita državne mature iz fizike kroz godine.

Prolaznost na ispitu je zabrinjavajuće niska, oko 30% maturanata svake godine ne uspije položiti ispit državne mature iz fizike, dok je kod drugih izbornih predmeta ta brojka puno manja, 12% za biologiju, 25% za geografiju, 18% za kemiju te još manje za predmete koji nisu iz područja prirodnih znanosti. Na Slici 3. prikazana je raspodjela ocjena na ispitu državne mature u usporedbi sa zaključenim ocjenama iz fizike školske godine 2017.-2018.



Slika 3. Raspodjela ocjena na ispitu državne mature u usporedbi sa zaključenim ocjenama iz fizike školske godine 2017.-2018., preuzeto iz [3].

Podaci su vrlo slični svake godine, vidimo da s povećanjem ocjene pada postotak učenika koji su dobili tu ocjenu, dok bi poželjna statistika bila nešto što nalikuje na Gaussovu krivulju.

### 3. Konceptualni zadaci u nastavi fizike

Konceptualna pitanja ispituju učenikovo poznavanje sadržaja fizikalnih koncepata i veza među njima te su jako važna za razvoj razumijevanja fizike. Ispituju i razumijevanje zakona, primjenu jednostavnih procedura i korištenje te tumačenje raznih reprezentacija kao što su sheme, dijagrami, grafovi, vektori i slično. Ona najčešće ne uključuju računanje (osim pri eventualnom proporcionalnom zaključivanju), već su usmjerena na provjeru razumijevanja. Konceptualna se pitanja u načelu mogu postaviti u obliku pitanja višestrukog izbora ili u otvorenom obliku, no na ispitu državne mature oni se pojavljuju samo u obliku pitanja višestrukog izbora sa tri ili češće četiri ponuđena odgovora [10].

Na Sveučilištu Harvard u SAD-u je 1991. uvedena nova metoda nastave na uvodnim kolegijima fizike, nazvana „peer instruction“ – poduka vršnjaka [11]. Metoda se sastojala u tome da su predavanja bila podijeljena u kratke segmente od 10 minuta, a nakon svakoga segmenta bi slijedilo konceptualno pitanje povezano s glavnom temom tog dijela predavanja. Studenti bi dali svoj odgovor pomoću elektroničkog sustava za odgovore što je nastavniku odmah dalo povratnu informaciju o tome koliko su studenti razumjeli. Nakon što su dali svoje odgovore, studenti su bili pozvani da kratko diskutiraju sa svojim susjedima i objasne jedni drugima zašto su odabrali baš taj odgovor i kako su zaključivali. Tijekom diskusije nastavnik je slušao diskusije studenata da čuje njihova razmišljanja. Nakon završene diskusije studenti su ponovno odgovarali na isto pitanje. Ukoliko nije bila postignuta zadovoljavajuća raspodjela odgovora, nastavnik ne bi prelazio na novu temu, nego bi pomagao studentima u razmišljanju, te im dao novo pitanje vezano uz isti koncept. Konceptualna pitanja pojavljivala i na ispitima, što je povećavalo motivaciju studenata da se uključe u njihovo rješavanje te uključenost na predavanju [12].

Nakon uvođenja metode došlo je do velikog skoka u rezultatima studenata na dijagnostičkim testovima, ali i na ispitima. Tijekom 10 godina na Sveučilištu Harvard su tipični prirasti znanja (g-faktori) na konceptualnim testovima iz mehanike porasli od početnih 0,2 kod tada tradicionalnih predavanja na 0,6 uz primjenu peer instruction metode [13]. G-faktor ili normalizirani faktor prirasta (eng. normalized gain) predstavlja omjer razlike rezultata predtesta i posttesta i maksimalno mogućeg napretka u rezultatu testa nakon odslušanog kolegija ( $100 - \text{rezultat predtesta}$ ). Uz pomoć g-faktora nastavnici

moгу procijeniti kolika je učinkovitost neke nastavne metode u razvijanju konceptualnog razumijevanja učenika ili studenata.

Rješavanje konceptualnih pitanja pomoću ABCD kartica je metoda koja bi se trebala koristiti u puno većoj mjeri na nastavi fizike, a predstavlja varijantu opisane peer instruction metode. Osim što samostalno pokušavaju odrediti točan odgovor, učenici također trebaju i svoje odgovore obrazložiti pred svojim vršnjacima te tako raspravom zajedno dođu do točnog odgovora [10]. Učenicima se daje vremena da razmisle o odgovoru i da se konzultiraju sa svojim najbližim kolegama te ih se tako trenira da ne kažu samo prvu stvar koja im pada na pamet već da prodiskutiraju odgovor i posvijeste si način zaključivanja koji do njega vodi, što može doprinijeti boljem razumijevanju koncepata i razvoju zaključivanja, te tako i boljim rezultatima na državnoj maturi iz fizike. Velika prednost za nastavnike je što su velik dio ispita državne mature konceptualna pitanja, pa i njih mogu koristiti za provjeru znanja na satu, da još više pripreme učenike na takav tip zadataka koji se pojavljuje na ispitu državne mature.

Konceptualna pitanja na ispitu državne mature iz fizike su brz i jednostavan način provjere poznavanja i korištenja fizičkih koncepata, stoga svake godine ispit sadrži dobru količinu takvih zadataka. Ukupno 70 od 148 zadataka, koji su bili na ispitima državne mature od 2017.-2018. do 2020.-2021., bili su konceptualni, što je gotovo polovica zadataka.

Kvalitetna konceptualna pitanja nije lako sastaviti. Da bi konceptualna pitanja dobro provjerila znanje učenika ona ne smiju biti trivijalna, ali niti preteška, a dobro je i ako ponuđeni pogrešni odgovori (takozvani distraktori) nude neke česte tipične učeničke pogreške u razmišljanju [10]. Bitno je da je formulacija pitanja i odgovora jasna, što jednostavnija i nedvosmisljena, inače može doći i do zbunjivanja učenika.

#### 4. Metodologija istraživanja

Zadaci su u ispitnome katalogu podijeljeni po ispitivanju osnovnih koncepata i zakona iz idućih područja: Mehanike, Termodinamike, Elektromagnetizma, Titranja, valova i optike te Moderne fizike [3].

Ovo istraživanje je iz tog razloga podijeljeno na istih pet područja. Dodatno područje koje je navedeno u ispitnome katalogu su matematička i eksperimentalna znanja i vještine u fizici. Ono je ukomponirano u svako područje fizike i nije gledano kao posebno područje. U katalogu su također propisani obrazovni ishodi iz kurikuluma koji se provjeravaju na maturi.

U ovome je radu provedena kvalitativna i kvantitativna analiza riješenosti konceptualnih zadataka pojedinih kategorija.

Zadaci su klasificirani i analizirani prema području fizike koje ispituju te se prema tome izvlače određeni zaključci o učeničkom znanju i razumijevanju tih područja. Zadaci su također klasificirani po primjeni nekih alata, na primjer prema tome uključuju li proporcionalno zaključivanje, analizu grafa, primjenu vektora i slično. Provedena je frekvencijska analiza riješenosti zadataka opisanih kategorija.

Za ovaj je rad korišteno ukupno 70 konceptualnih zadataka sa državnih matura godina od 2017-2018 do 2020-2021, koje je rješavalo između 6500 i 8000 učenika svake godine. Iz tih podataka i analize pokušat će se odrediti najčešće učeničke poteškoće po kategorijama i tipovima zadataka.

Također će se komentirati i težina zadataka, koja se određuje prema postotku riješenosti. Ukoliko je u zadatku 0%-30% točnih odgovora, zadatak se smatra teškim, za 31%-69% srednje teškim te za 70%-100% točnih odgovora laganim.

## 5. Rezultati

Rezultati obrade podataka iz školskih godina 2017.-2018. do 2020.-2021. po područjima ispitivanja te tipovima konceptualnih zadataka prema korištenim alatima prikazani su u Tablicama 2 i 3.

| Područje ispitivanja      | Prosječna riješenost | Standardna pogreška srednje vrijednosti | Broj zadataka |
|---------------------------|----------------------|---|---------------|
| Mehanika                  | 50.2%                | 4.3%                                    | 18            |
| Termodinamika             | 60%                  | 4.3%                                    | 12            |
| Elektromagnetizam         | 48%                  | 3.4%                                    | 16            |
| Titranje, valovi i optika | 48.6%                | 4%                                      | 17            |
| Moderne fizika            | 42.7%                | 4.4%                                    | 7             |

Tablica 2. Podaci o prosječnoj riješenosti, standardnoj pogrešci srednje vrijednosti i broju zadataka prema područjima ispitivanja.

| Tip zadataka prema korištenim alatima | Prosječna riješenost | Standardna pogreška srednje vrijednosti | Broj zadataka |
|---------------------------------------|----------------------|---|---------------|
| Grafovi                               | 55%                  | 2.6%                                    | 6             |
| Proporcionalno zaključivanje          | 48.3%                | 4.5%                                    | 13            |
| Vektori                               | 44.4%                | 5.4%                                    | 9             |

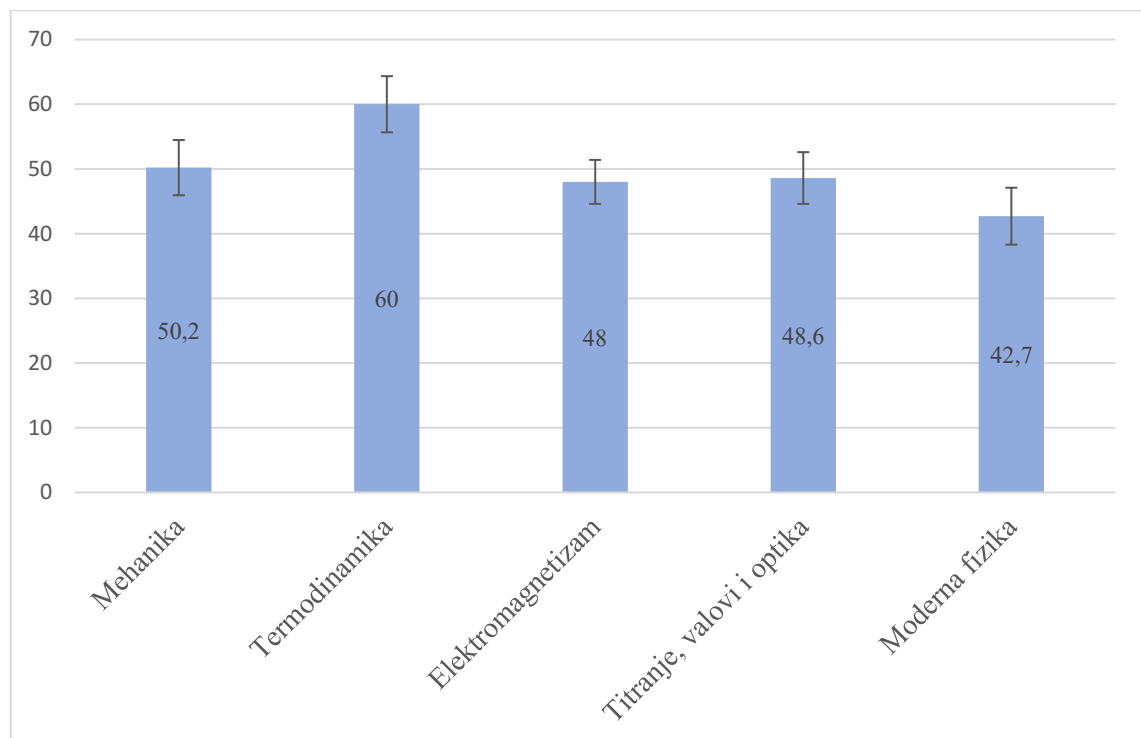
Tablica 2. Podaci o prosječnoj riješenosti, standardnoj pogrešci srednje vrijednosti i broju zadataka prema tipu zadataka po korištenim alatima.

Prema podacima iz tablica vidimo da je riješenost konceptualnih zadataka najčešće oko 50%, s najvećom srednjom vrijednosti iz Termodinamike, a najnižom iz područja Moderne fizike, premda razlike među područjima nisu velike, a niti svugdje značajne, s obzirom na pripadne pogreške srednje vrijednosti. Mehanika, Elektromagnetizam te

Titranje, valovi i optika podjednako su riješeni, što nam ukazuje na to da su ta područja u prosjeku podjednako usvojena i srednje su težine za učenike. Iako je Moderna fizika zadnje gradivo koje se uči u školama prije polaganja ispita države mature iz fizike ona ima trend najslabije riješenosti, što nam ukazuje na to da je gradivo iz moderne fizike možda nešto teže za usvojiti, jer je jako apstraktno i učenici se ne susreću s pojavama moderne fizike u svakodnevnom životu. No, dodatni razlog može biti i to što se u nekim školama to gradivo ne stigne obraditi ili mu se tipično daje manja pažnja u nastavi od područja u klasičnoj fizici.

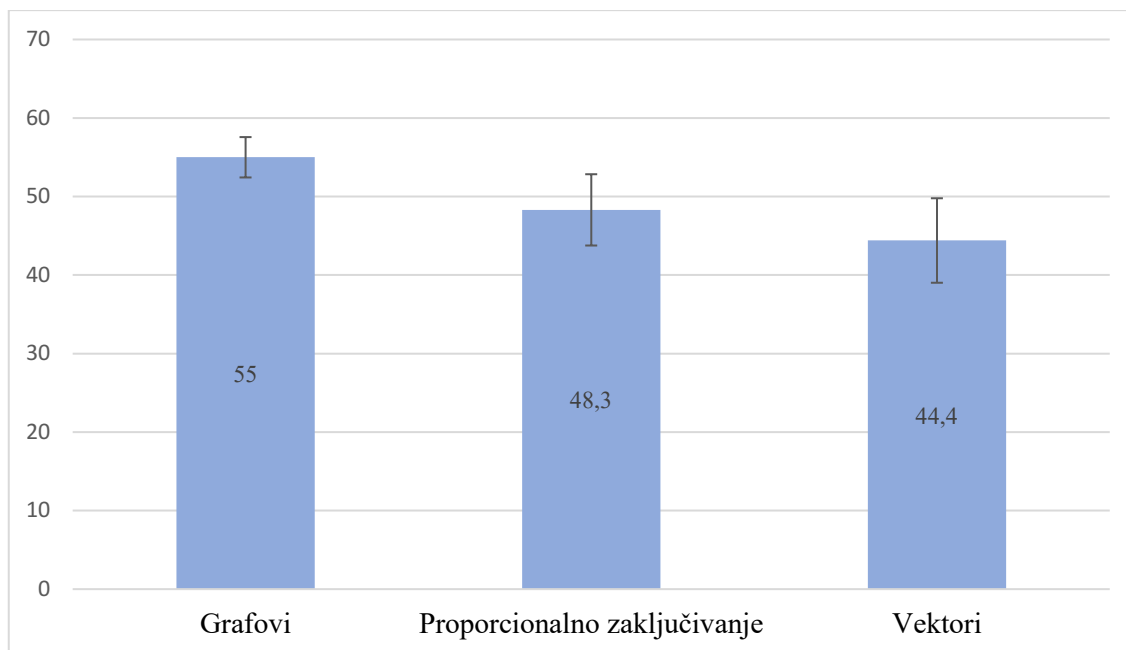
U podjeli zadataka prema korištenim alatima imamo najviše onih u kojima se koristi proporcionalno zaključivanje, koje ima riješenost malo nižu od 50%, a što nam ukazuje na potencijalne probleme učenika s takvim tipom zadataka. Analiza grafova učenicima izgleda ide nešto bolje, a tip zadataka s najslabijom riješenosti jesu zadaci u kojima učenici moraju koristiti svoje znanje o vektorima.

Na Slikama 4 i 5 prikazani su podaci iz tablice u grafičkom obliku.



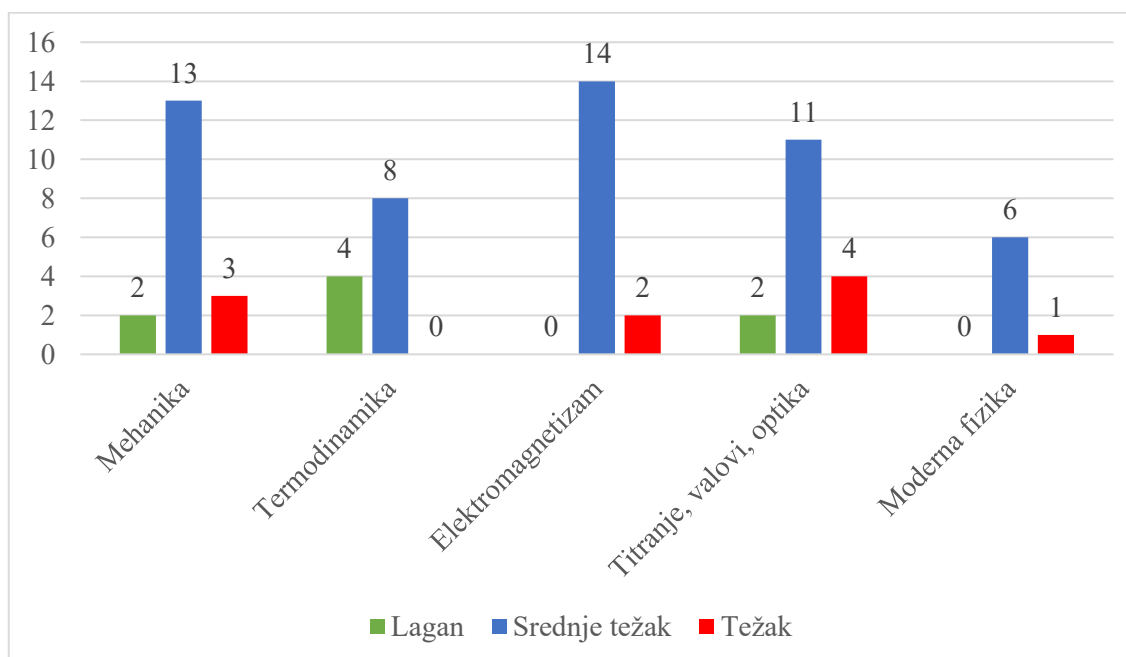
Slika 4. Prikaz srednje riješenosti zadataka iz pojedinih područja ispitivanja u postotcima sa standardnom pogreškom srednje vrijednosti.





Slika 5. Prikaz srednje riješenosti zadataka iz pojedinih tipova zadataka u postotcima sa standardnom pogreškom srednje vrijednosti.

Raspodjela konceptualnih zadataka prema težini u svim područjima ispitivanja prikazana je na Slici 6.



Slika 6. Prikaz raspodjele broja konceptualnih zadataka po težini u svim područjima ispitivanja.

Prema Slici 6 vidimo da je većina konceptualnih zadataka na ispitu bila srednje težine, riješenosti između 31% i 69%, s malo laganih i teških zadataka. Mala količina teških zadataka je očekivana, jer čak i ako učenici ne znaju ništa o zadatku imaju 25% šanse da nasumično pogode točan odgovor. S druge strane, laganih zadataka je iznenađujuće malo,

čemu je uzrok vjerojatno taj što se učenici ne susreću puno s konceptualnim pitanjima u nastavi fizike nego su zadaci otvorenoga tipa, posebno računski, puno češći, pa učenici ne uspiju razviti dovoljno konceptualno razumijevanje sadržaja. Zadaci otvorenoga tipa (numerički) su još slabije riješeni, što nam govori da većina učenika ne razumije gradivo fizike koje se provjerava ispitom državne mature, te ne mogu riješiti ni otvorene ni zatvorene zadatke s visokom točnošću.

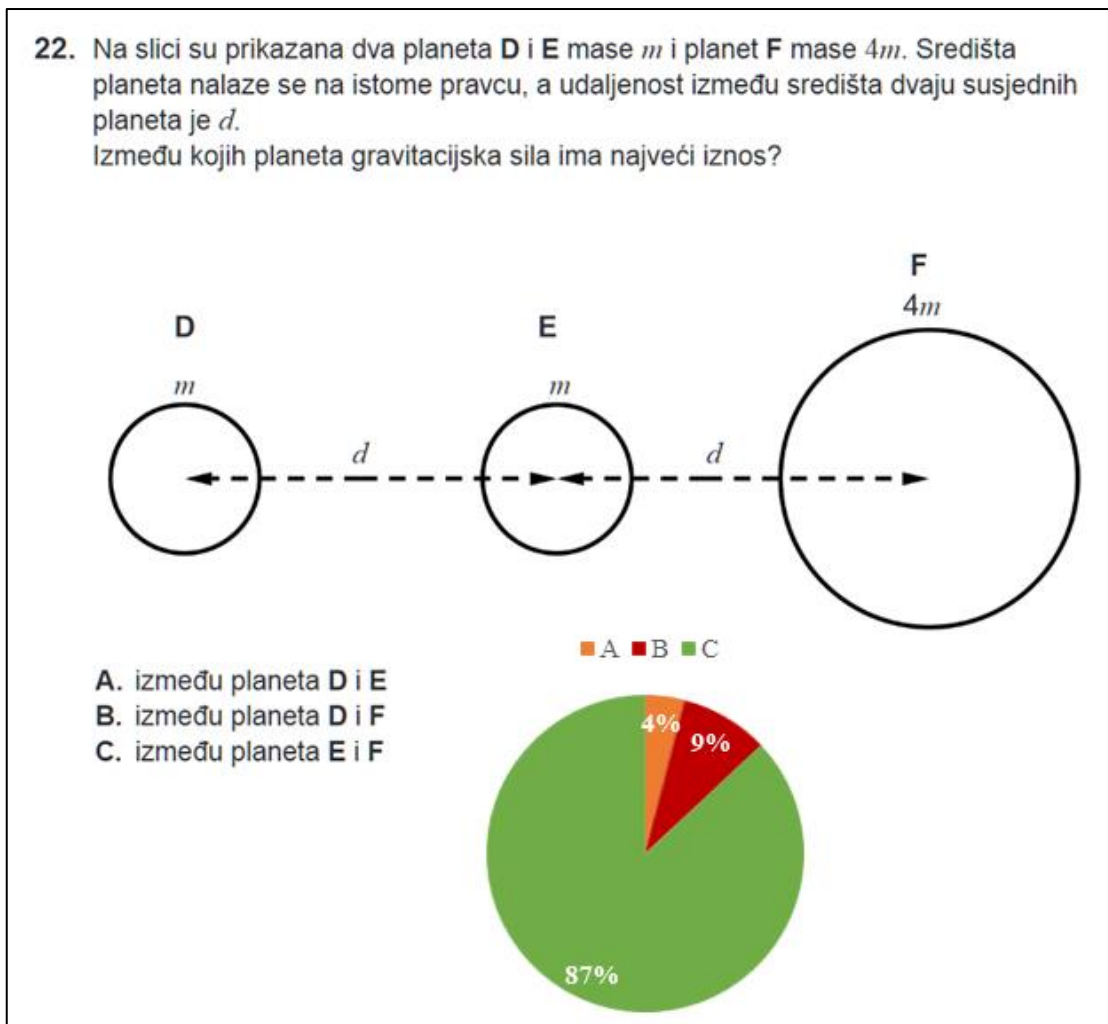
## 6. Diskusija

U ovome dijelu rada bit će komentirani zadaci prema težini, području ispitivanja i korištenim alatima, a bit će dani i neki karakteristični primjeri. Raspodjela odgovora bit će prikazana u kružnom dijagramu, gdje će točan odgovor uvijek biti prikazan zelenom bojom, glavni distraktor crvenom te drugi krivi odgovori plavom i narančastom bojom.

### 6.1 Analiza zadataka po težini

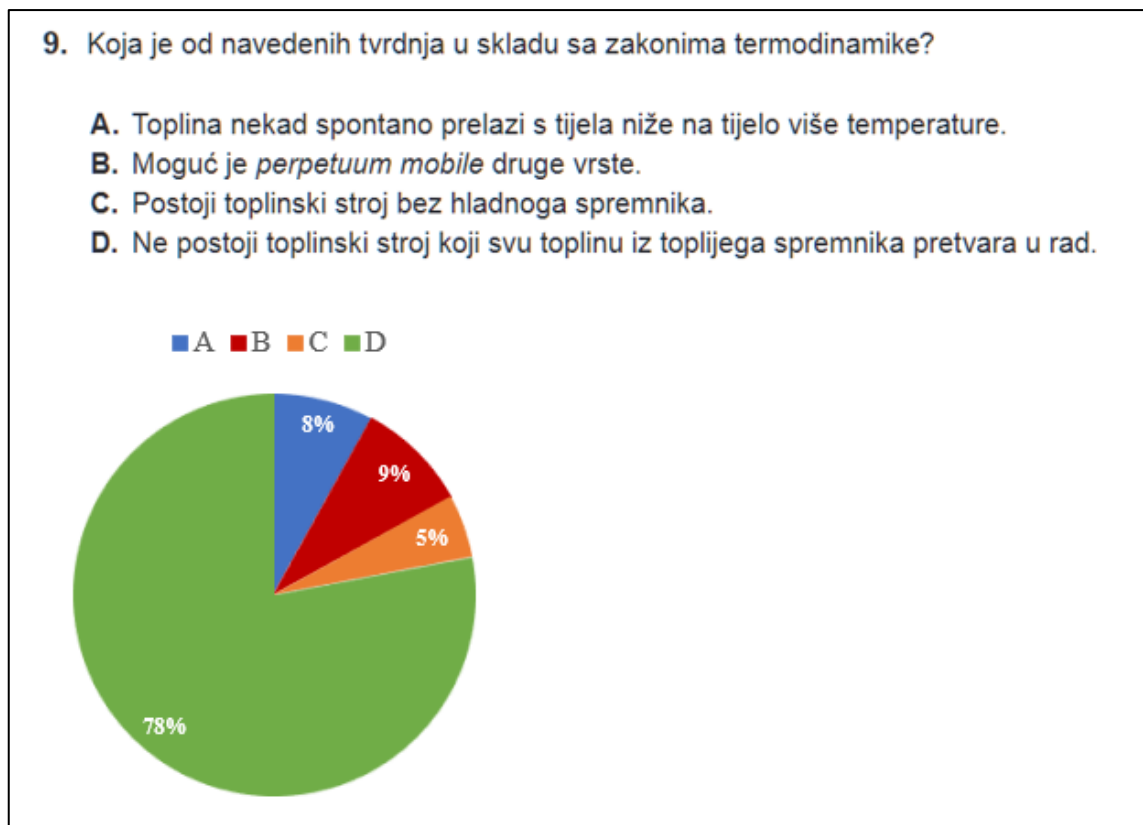
Za početak ćemo prikazati par laganih zadataka (riješivosti iznad 70%) te par teških zadataka (ispod 30%) da vidimo što učenicima ide dobro, a što ne.

Lagani zadaci nisu prečesti, no imamo neke primjere koji će nam ukazati na to što ih čini laganima.



Slika 7. Zadatak 22 i frekvencija odgovora, DM 2017-2018, ljetni rok.

Ovaj zadatak ispituje razumijevanje ovisnosti iznosa gravitacijske sile o masi i udaljenosti uključenih tijela. Učenici samo trebaju usporediti mase i udaljenosti u predloženim odgovorima te zaključiti da je sila najveća među najbližim planetima s najvećom masom, što je u skladu s njihovom intuicijom i može se zaključiti čak i bez detaljnog poznavanja zakona gravitacije. Vidimo da je riješenost 87%, što je najtočnije riješen zadatak u analiziranome periodu. Ostalih 13% učenika je riješilo zadatak netočno, što nam ukazuje da i kod vrlo jednostavnih zadataka ima učenika koji pogriješe zbog nerazumijevanja zadatka ili koncepta kojega se ispituje. Mogući razlozi za krive odgovore su i strah od trik pitanja ili nasumično zaokruživanje bez razmišljanja. Također vidimo da bi nam distraktor B, koji je odabralo 9% učenika, mogao ukazivati na njihovo nerazumijevanje ovisnosti gravitacijske sile o udaljenosti tijela, već samo fokusiranje na mase uključenih tijela.



Slika 8. Zadatak 9 i frekvencija odgovora, DM 2019-2020, ljetni rok.

Ovdje imamo primjer laganog zadatka, gdje se učenici trebaju prisjetiti drugog zakona termodinamike, kojega su radili na nastavi i evaluirati dane tvrdnje u svjetlu tog zakona. Zadatak ima visoku riješenost, što može značiti da su učenici dobro usvojili pojam toplinskog stroja. No, također se uz drugi zakon termodinamike jako često spominje točna

tvrdnja navedena pod D, a to je da se ne može sva preuzeta toplina pretvoriti u rad, pa se ne može isključiti da je uspjeh učenika na ovome zadatku možda i posljedica memoriranja te tvrdnje, a ne toliko dubokog razumijevanja. Ovakvi zadaci se također često rješavaju sistemom eliminacije, pri čemu učenici pogledaju sve ponuđene odgovore te eliminiraju one za koje znaju da nisu točni, kako bi došli do točnog odgovora, a u ovome se zadatku distraktori dosta lako mogu eliminirati.

Ovi primjeri, a i drugi koji nisu ovdje prikazani, ukazuju na to da su lagani zadaci obično oni koji su u skladu s intuitivnim načinima zaključivanja, traže jednostavno zaključivanje ili kod kojih eventualno pomažu neke memorirane tvrdnje. U svakom slučaju, to će biti kognitivno manje zahtjevni zadaci.

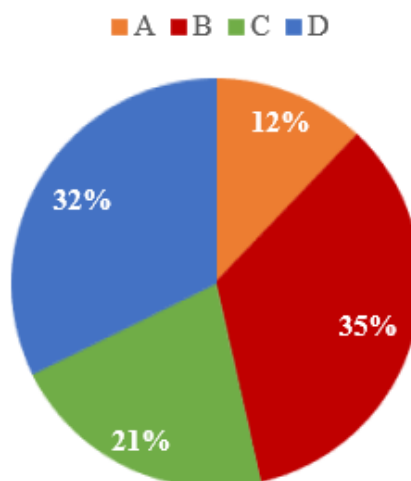
S druge strane, treba komentirati i teške zadatke, one koji imaju riješenost manju od 30%. Budući da su konceptualna pitanja bila postavljena u obliku zatvorenog tipa, tj. u obliku zadataka višestrukog izbora, čak i da učenici rješavaju nasumično, trebali bi imati minimalnu riješenost od 25%, no vidjet ćemo da to nije uvijek slučaj. Razlog tome su jako dobri distraktori u težim područjima, koji s razmišljanjem učenika rezoniraju više od točnog odgovora, koji nije toliko intuitivan.

2. Na horizontalnoj podlozi nalaze se dva tijela masa  $m_1 > m_2$  međusobno povezana nerastezljivom niti kao što je prikazano na slici.



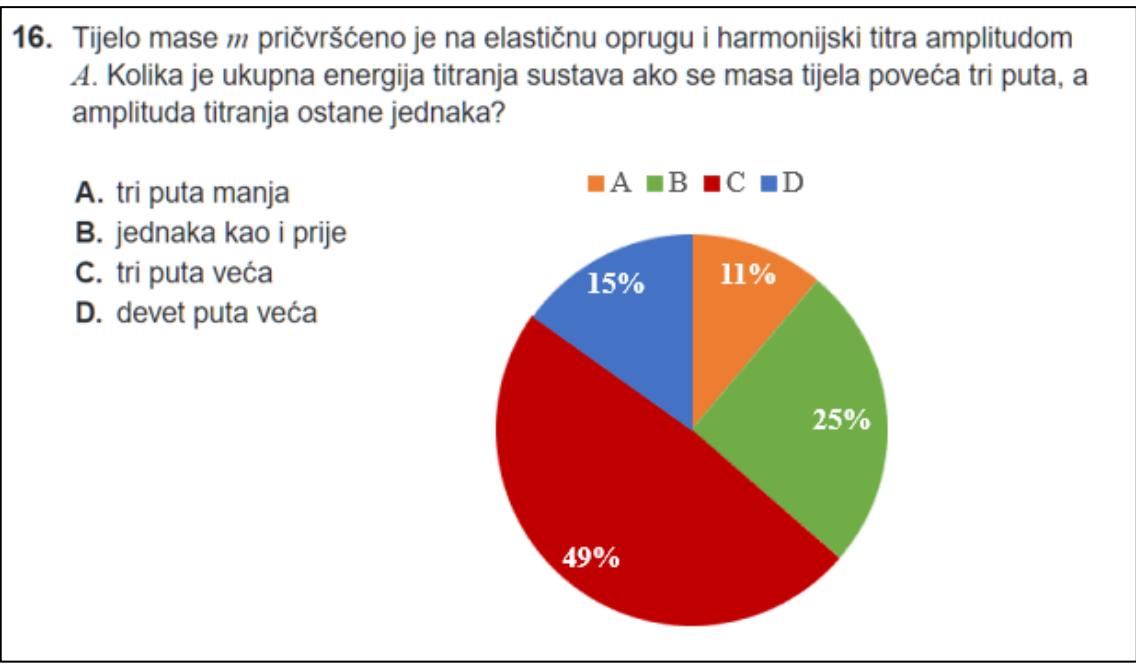
Kolika je napetost niti  $N$  koja povezuje tijela ako na tijelo manje mase djeluje stalna sila  $F$  i ako se tijela gibaju ubrzanjem  $a$ ? Zanemarite silu trenja između podloge i tijela.

- A.  $N = m_2 a$
- B.  $N = m_2 a + F$
- C.  $N = m_1 a$
- D.  $N = F - m_1 a$



Slika 9. Zadatak 2 i frekvencija odgovora, DM 2018-2019, ljetni rok.

U ovome zadatku treba odrediti napetost niti između dvaju tijela različitih masa. Kao što vidimo iz kružnoga dijagrama, svi su distraktori za ovaj zadatak bili birani od učenika, a čak su dva pogrešna odgovora bila češća od točnog odgovora. Mogući razlog tome je to što se učenici ne znaju snaći u problemima s više tijela, napetost niti im je težak pojam i ne znaju kako analizirati svako tijelo zasebno te automatski povezuju napetost niti sa silom  $F$ , koja je prisutna u glavnim distraktorima. Kada bi za ovaj zadatak nacrtali dijagram sila na tijela 1 i 2, učenici bi shvatili da je napetost niti  $N$ , koju trebaju odrediti, jedina sila koja uzrokuje akceleraciju tijela 1, odnosno da jedino odgovor C može biti točan. Ovaj zadatak ide suprotno intuiciji većine učenika i doista zahtijeva razumijevanje II. Newtonovog zakona kako bi se riješio, a poznato je iz brojnih edukacijskih istraživanja u fizici da učenici baš s time imaju puno problema [10].



Slika 10. Zadatak 16 i frekvencija odgovora, DM 2020-2021, ljetni rok.

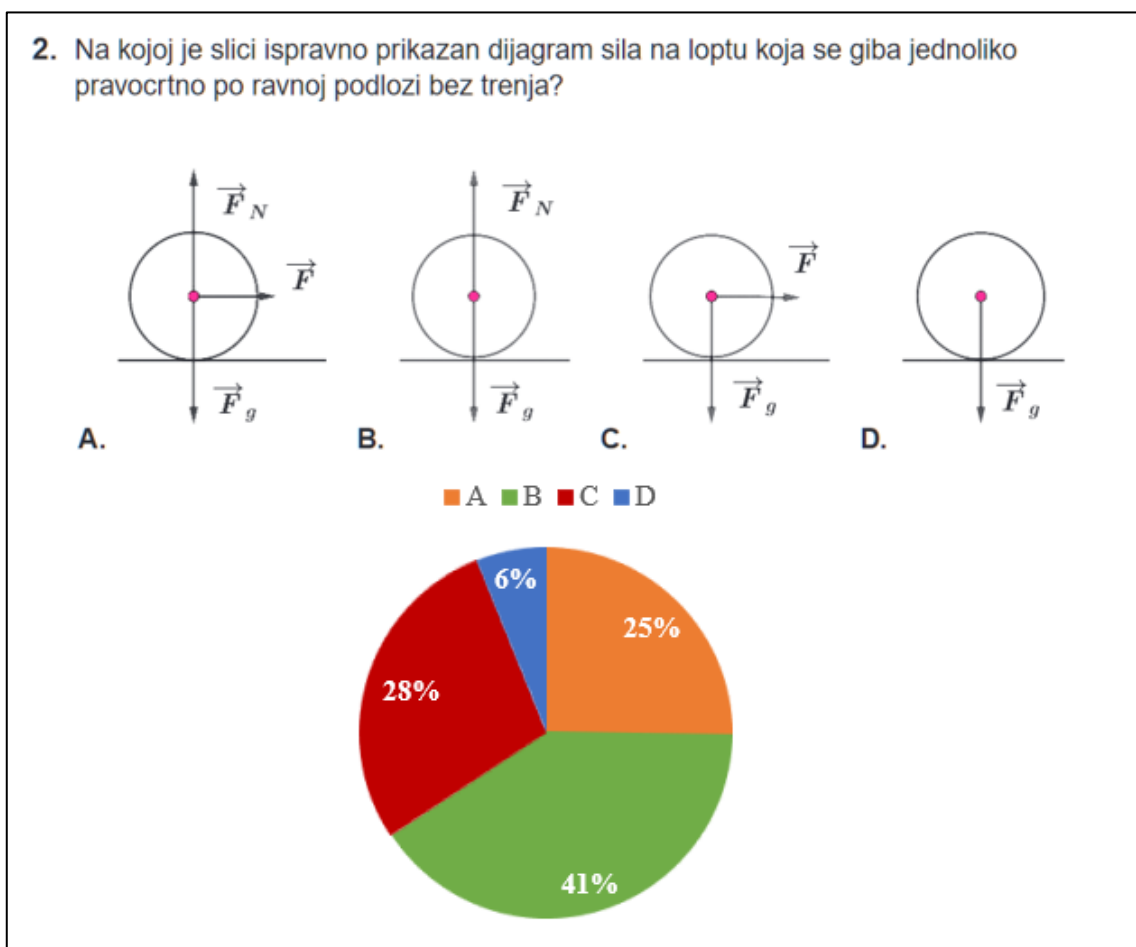
U ovome zadatku vidimo primjer jednog dominantnog distraktora, koji je većini učenika izgledao točno. U knjižici formula učenici imaju nekoliko formula za energiju, a jedna o njih je za kinetičku energiju, koja je proporcionalna masi, pa iz te formule možda proizlazi razmišljanje da će, ako masa poraste tri puta, tada i ukupna energija porasti tri puta. No to razmišljanje je krivo jer ukupnu energiju treba procijeniti na temelju elastične potencijalne energije sustava, koja ne ovisi o masi. Ako je amplituda titranja ostala ista, to znači da je i maksimalna elastična potencijalna energija ostala ista. Prema zakonu očuvanja energije to znači da je i ukupna energija titranja ostala ista. Ovaj zadatak vjerojatno ima nisku riješenost, jer bi se mogao smatrati i svojevrsnim trik pitanjem. Učenicima je pitanje vrlo kontraintuitivno i nije im logično da oscilator tri puta veće mase ima istu ukupnu energiju.

Iz ovih i drugih primjera zaključujemo da su teška pitanja često ona koja su suprotna intuiciji i zahtijevaju dublje razumijevanje koncepata i/ili veći broj koraka u zaključivanju. Teška pitanja također mogu biti ona iz učenicima manje poznatih ili rjeđe spominjanih sadržaja.

**6.2 Analiza zadataka po području ispitivanja**

U idućem dijelu rada raspravljat će se o zadacima iz svakog područja ispitivanja te nekim najčešćim poteškoćama koje učenici imaju u svakom području.

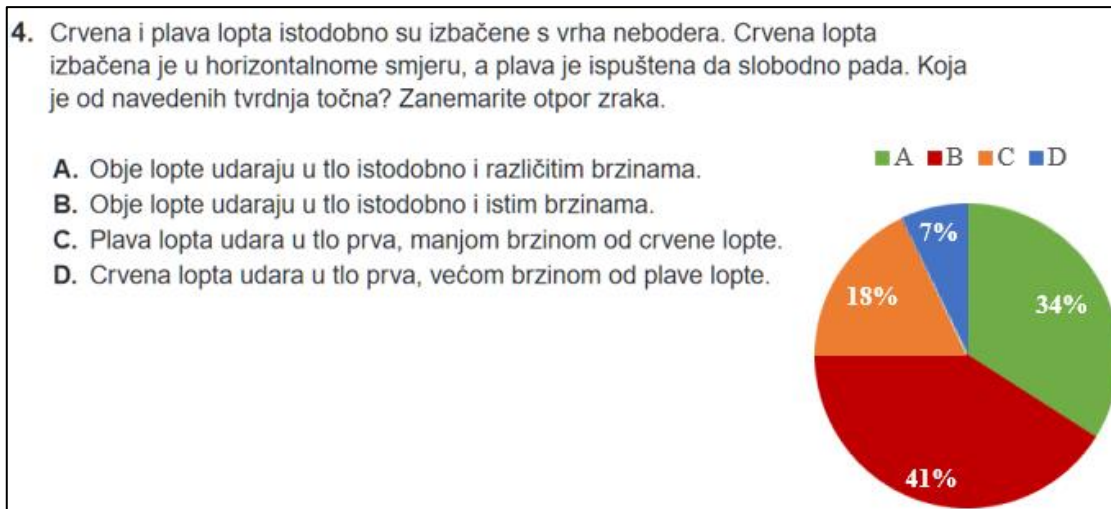
### 6.2.1 Mehanika



Slika 11. Zadatak 2 i frekvencija odgovora, DM 2019-2020, ljetni rok.

U ovome se zadatku učenike ispituje što to znači da se tijelo giba jednoliko pravocrtno, a iz toga podatka trebaju znati primijeniti prvi Newtonov zakon i zaključiti da je ukupna sila na tijelo tada jednaka nuli. Kada zbrojimo vektore sila vidimo da je to jedino slučaj na slici B, koju odabire 41% učenika. Dva glavna distraktora, koja oba uključuju silu u smjeru gibanja, bira ukupno 53% učenika, jer učenici usko povezuju silu s brzinom. Učenici imaju dosta poteškoća s prvim Newtonovim zakonom, što se vidi i u ovom zadatku, jer većina njih izgleda misli da na tijelo koje se giba konstantnom brzinom u nekom smjeru mora djelovati konstantna sila u tom smjeru. Ukupna sila nam pokazuje smjer akceleracije, to jest promjene brzine, a ako je brzina konstantna, ukupna sila na tijelo mora biti jednaka nuli, što je učenicima neintuitivno. Newtonovi zakoni se koriste kroz cijelo gradivo fizike u školama te se treba posvećivati više pažnje učeničkim pogrešnim idejama vezanim uz njih. Upravo u tome bi moglo pomoći često korištenje konceptualnih pitanja ovoga tipa u nastavi i diskusija pogrešnih odgovora.





Slika 12. Zadatak 4 i frekvencija odgovora, DM 2020-2021, ljetni rok.

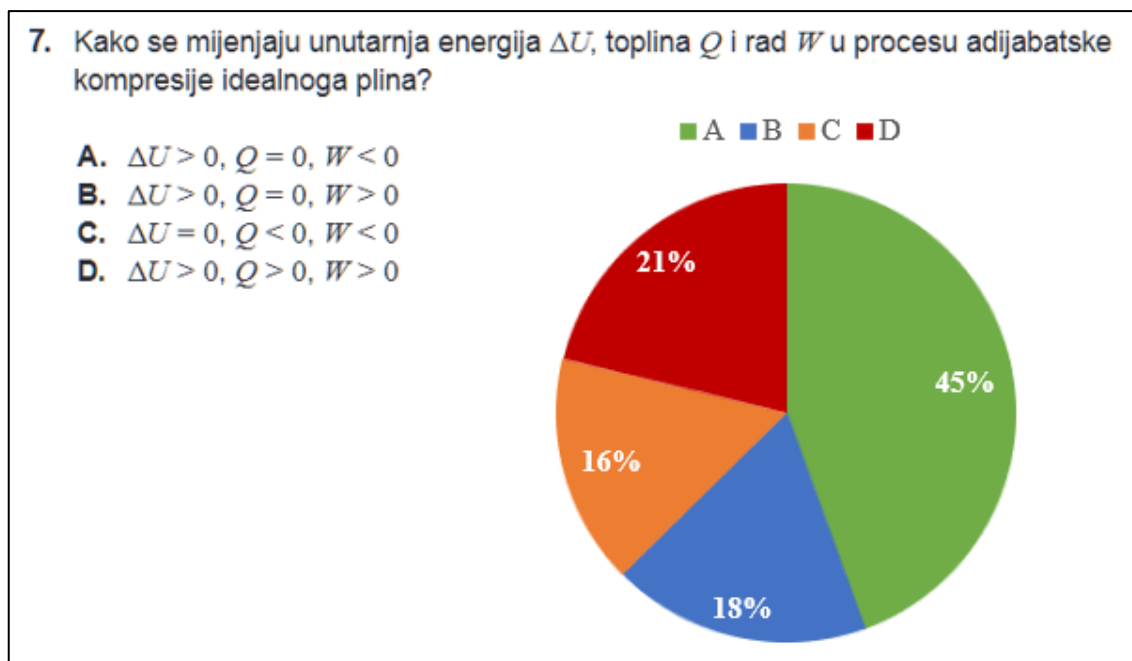
Ovaj zadatak od učenika traži razumijevanje horizontalnog hitca i slobodnog pada. Vidimo da točan odgovor, koji je zaokružilo 34% učenika, i glavni distraktor, koji je zaokružilo 41% učenika, imaju zajednički faktor, a to je da tijela u horizontalnom hitcu i slobodnom padu padaju jednako vremena, tj. da gibanje u horizontalnom smjeru ne utječe na gibanje u vertikalnom smjeru. Problem vjerojatno nastaje kod toga što neki učenici vrijeme pada povežu s ukupnom brzinom te zaključče da i ukupna brzina loptama mora biti jednaka, ako su pale u isto vrijeme. To nije točno, jer iako su im vertikalne komponente brzine iste u tom trenutku, crvena lopta ima i komponentu brzine u horizontalnom smjeru, što znači da joj je ukupna brzina veća od brzine plave lopte.

U Tablici 2 vidimo da je riješenost gradiva mehanike oko 50%, što nije jako loše, no znajući da je mehanika jedno od najbitnijih područja fizike u srednjoj školi jer se svako kasnije područje nadovezuje na njega, željeli bismo ostvariti i veću riješenost. U ovome području zadaci koji od učenika traže odrediti sile na tijelo imaju često nisku riješenost, što je jako zabrinjavajuće iz prije navedenih razloga.

Kao što vidimo na Slici 9 i Slici 11 neke greške bi se mogle zaobići crtanjem dijagrama sila. Nastavnici bi trebali za sve zadatke, koji od učenika zahtijevaju odrediti sile, crtati dijagrame sila te diskutirati značenja Newtonovih zakona zato što vidimo da ih učenici zaborave nakon što se prestane na njih obraćati pažnja u prvom razredu, ili ih jednostavno ne usvoje zbog nekih pogrešnih intuitivnih ideja koje nose iz svakodnevnog života. Neke od tih ideja, npr. da na tijelo koje se jednoliko pravocrtno giba mora djelovati rezultantna sila u smjeru gibanja, mogle bi se razriješiti pokusima na nastavi, ali i čestim korištenjem konceptualnih pitanja koja bi takve i slične ideje mogla identificirati i pomoći da se

prodiskutiraju i prepoznaju kao pogrešne već u procesu učenja. Uočavamo mali udio zadataka iz mehanike u promatranim godinama koji se referiraju na zakone očuvanja, što smatramo propustom sastavljača, jer je razumijevanje tih zakona iznimno važno.

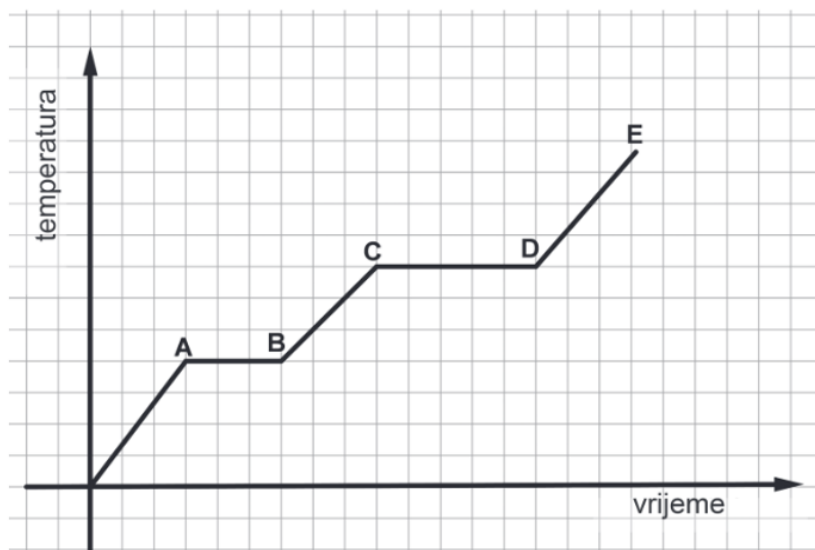
### 6.2.2 Termodinamika



Slika 13. Zadatak 7 i frekvencija odgovora, DM 2017-2018, ljetni rok.

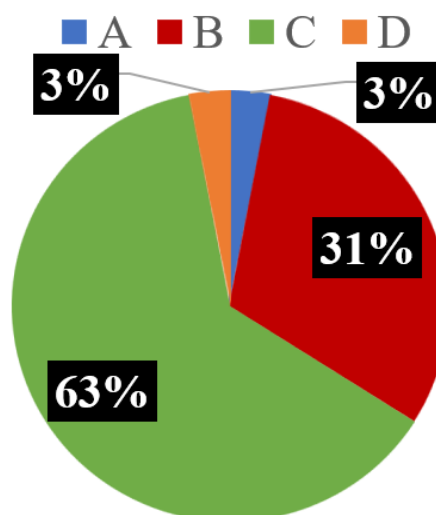
Ovo je tipični primjer zadatka iz ovog područja ispitivanja na ispitu državne mature iz fizike. Česti su zadaci u kojima se pita što je stalno ili što se mijenja u raznim termodinamičkim procesima. U ovome primjeru vidimo da manje od 50% učenika zna razlikovati koje se veličine kako ponašaju u adijabatskom procesu. Za ovakav bismo direktni zadatak možda očekivali veći udio točnih odgovora, no izgleda da termodinamički koncepti nisu dobro savladani, jer na primjer odgovor pod B (ukoliko je rad koji se spominje rad plina na okolinu ( $W_{po}$ ), što nije jasno navedeno u formulaciji zadatka) krši prvi zakon termodinamike ( $\Delta U = Q - W_{po}$ ) te bi ga učenici koji dobro razumiju koncepte mogli odmah eliminirati kao krivi. S druge strane, ako bi rad u zadatku bio rad okoline na plin ( $W_{op}$ ), tada bi odgovor B bio točan ( $\Delta U = Q + W_{op}$ ). Učenici često imaju problema s određivanjem predznaka u termodinamičkim procesima, pogotovo kod rada nisu sigurni da li je pozitivan ili negativan kod kompresije ili ekspanzije. Zato je jako važno pažljivo uvoditi i tretirati te predznake, te kod rada uvijek jasno navesti o kojem se radu govori. Stoga ovaj zadatak pokazuje ozbiljan propust u formulaciji.

8. Na slici je prikazan fazni dijagram koji opisuje promjene agregacijskih stanja vode kada joj se stalno dovodi neka količina topline. Početna je temperatura leda  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



Kolika je temperatura  $t$  u točki C?

- A.  $t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$
- B.  $0\text{ }^{\circ}\text{C} < t < 100\text{ }^{\circ}\text{C}$
- C.  $t = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$
- D.  $t > 100\text{ }^{\circ}\text{C}$

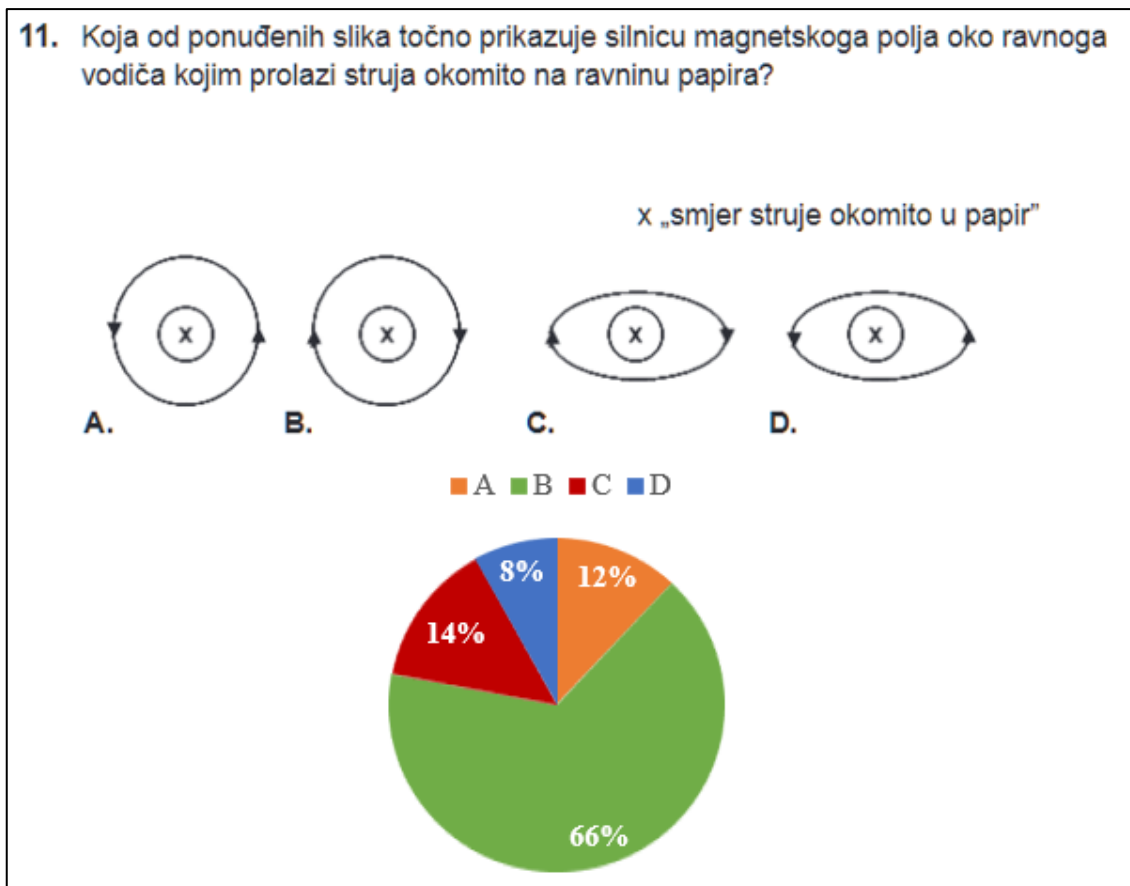


Slika 14. Zadatak 8 i frekvencija odgovora, DM 2018-2019, ljetni rok.

Ovaj zadatak provjerava učenikovo razumijevanje agregacijskih stanja te sposobnost čitanja grafova. Ovdje vidimo primjer jednog dominantnog distraktora kojega je zaokružila čak trećina učenika. Ponuđeni distraktor bi bio točan da je atmosferski tlak niži od standardnog. Mogući problem u ovome zadatku je da učenici ne shvaćaju da se led počne taliti na točno  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  (segment AB na grafu), te isto tako da voda počne isparavati na točno  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  (segment CD na grafu), a kad sva voda prijeđe u vodenu paru, tek onda temperatura može rasti. Ponovno se uočava propust u formulaciji zadatka, jer to sve vrijedi pri standardnom atmosferskom tlaku, što nije navedeno u zadatku.

Područje termodinamike ima najveću riješenost konceptualnih zadataka na ispitu državne mature iz fizike, no ni ona nije vrlo visoka. Na Slici 6. vidimo da je udio laganih zadataka najveći upravo u tom području, što može biti i rezultat tendencije sastavljača zadataka da tom području ne daju veliku težinu pri ispitivanju. Iako se može činiti da je to gradivo učenicima dosta jasno, treba obratiti pozornost na primjenu zakona očuvanja energije u kontekstu termodinamike te naglašavanja razlika između raznih termodinamičkih procesa. Na Slici 13 vidimo ne baš dobru riješenost zadatka, koja bi mogla biti bolja da su učenici dobro usvojili prvi zakon termodinamike. Također treba pridati više pažnje određivanju predznaka fizičkih veličina, poput rada i topline, kod termodinamičkih procesa jer učenici imaju s time poteškoća, ali i analizi  $p$ - $V$  dijagrama. Slično kao i kod mehanike treba veću pozornost staviti na osnovne koncepte da bi kasniji koncepti bili lakši za shvatiti. Dobro bi došla i suradnja profesora fizike i kemije u ovome gradivu budući da se termodinamika radi i na nastavi kemije, pogotovo da bi se riješile poteškoće kod razmatranja agregacijskih stanja, koje su prisutne kod učenika.

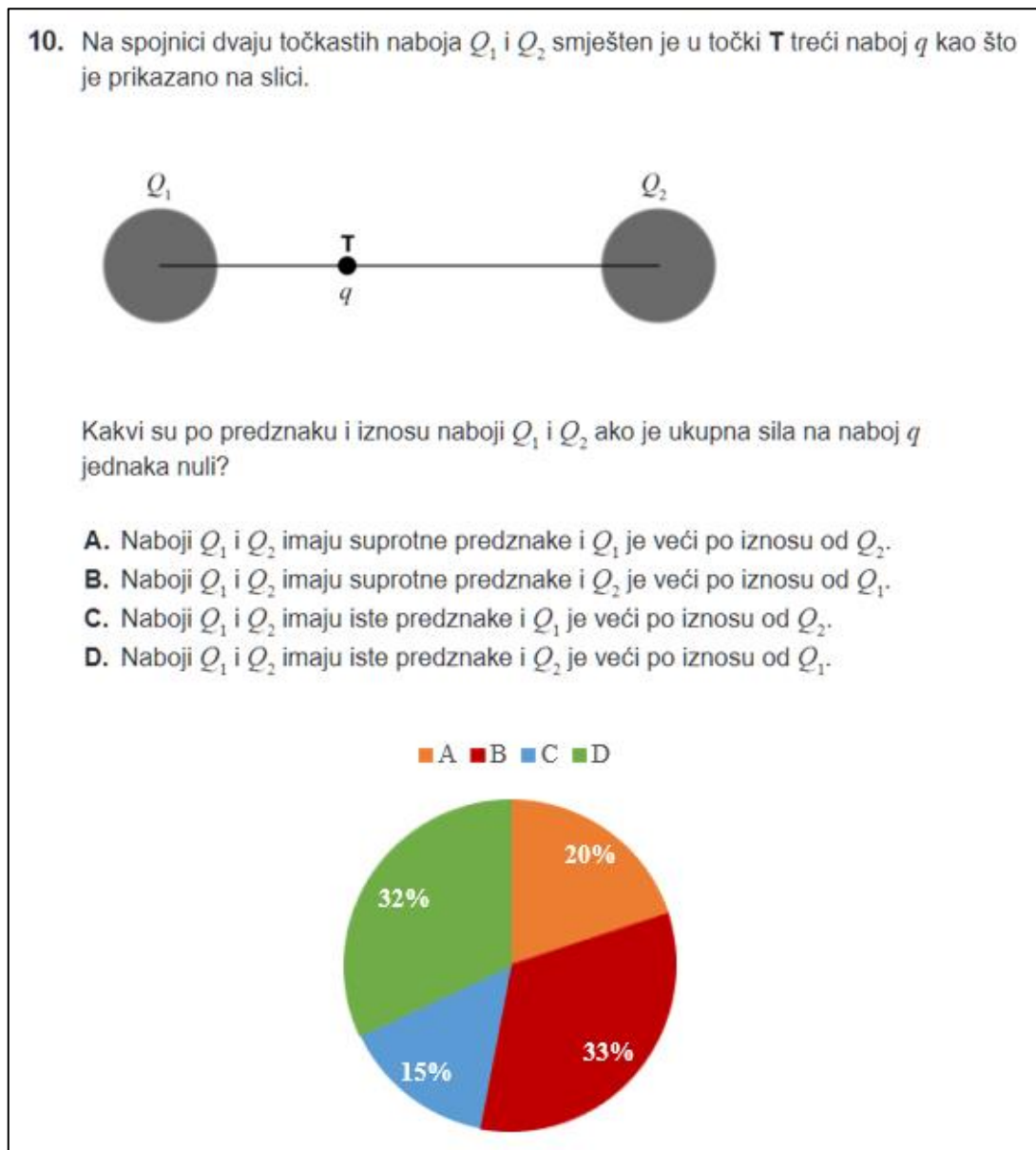
### 6.2.3 Elektromagnetizam



Slika 15. Zadatak 11 i frekvencija odgovora, DM 2017-2018, ljetni rok.

Ovaj zadatak od učenika traži da odrede magnetsko polje oko vodiča kojim teče struja. Riješenost nam pokazuje da jedna trećina učenika nije savladala jedno od osnovnih pravila u elektromagnetizmu, pravilo desne ruke. Problem bi mogao biti uzrokovan time što se učenicima nije pokazao Oerstedov pokus, jedan od najbitnijih pokusa u elektromagnetizmu, koji pokazuje da električna struja uzrokuje nastanak magnetskog polja oko vodiča, ali i orijentacija magnetske igle oko vodiča pokazuje kako su orijentirane silnice tog magnetskog polja. Na ispitu državne mature iz fizike se u zadacima otvorenog tipa znaju pronaći zadaci koji zahtijevaju primjenu ovoga pravila, što znači da dio učenika sigurno neće ni takve otvorene zadatke riješiti točno. Pravilo desne ruke je bitan alat koji se koristi kroz velik dio elektromagnetizma te bi mu se trebalo posvetiti više vremena da ga učenici jako dobro usvoje. Distraktor A nam sugerira da jedan dio učenika nije siguran kako pozicionirati ruku kada primjenjuju pravilo desne ruke, pa vidimo da je 12% učenika zaokružilo odgovor suprotan točnome, ali uz dobar odabir oblika silnica. Najčešći netočan odgovor C nam ukazuje na moguće

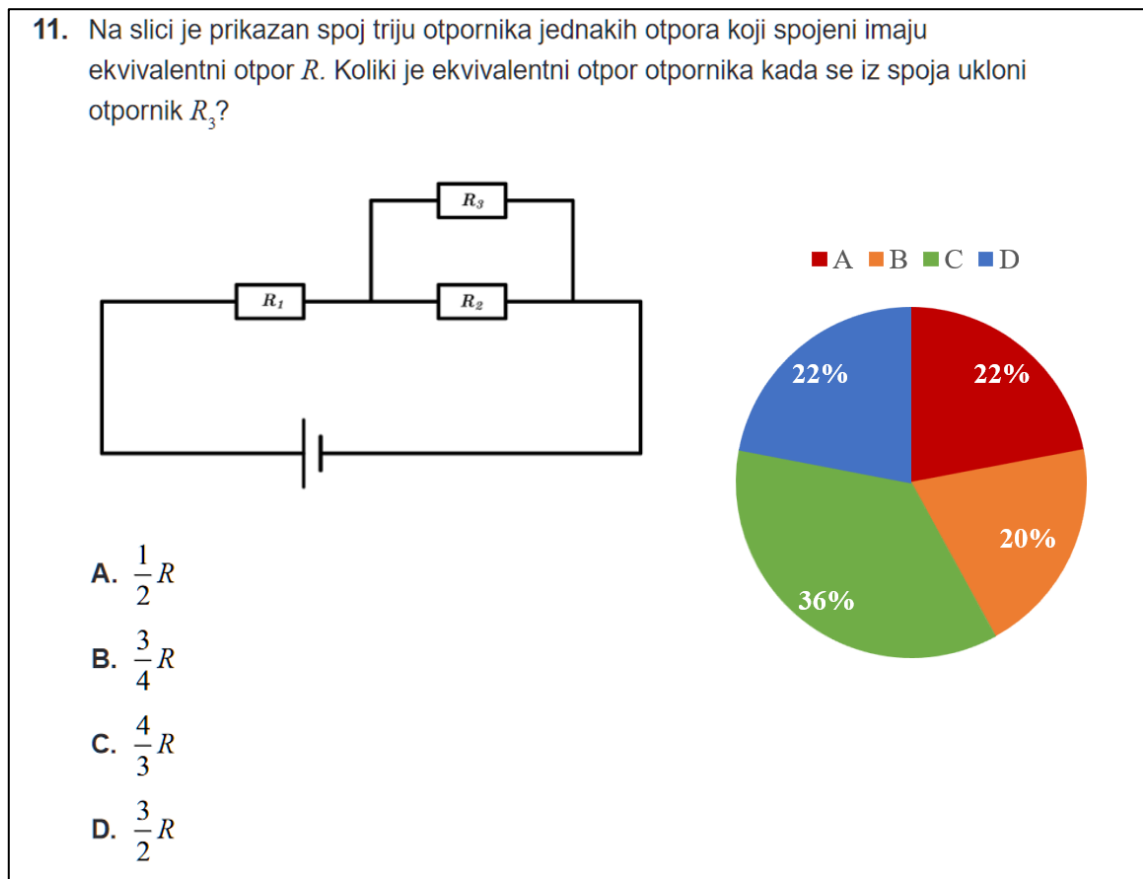
nerazumijevanje prikaza situacije (silnica prikazana sa strane, u perspektivi) ili nepoznavanje točnog oblika silnica magnetskog polja oko ravnoga vodiča.



Slika 16. Zadatak 10 i frekvencija odgovora, DM 2019-2020, ljetni rok.

Ovaj zadatak zahtijeva razumijevanje i primjenu pojma električnoga polja i zbrajanja vektora. Zadatak nije trivijalan i zahtijeva više koraka da bi se došlo do točnog rješenja. Vidimo da je mnogima problem zaključiti da naboji  $Q_1$  i  $Q_2$  trebaju biti istoga predznaka (pogrešni odgovori B i A, ukupno 53%). Da bi ukupna sila bila jednaka nuli, oni moraju biti jednakog predznaka, zato što su sa suprotnih strana naboju  $q$ , te će ga oba ili odbijati ili privlačiti. Ova frekvencija odgovora nam pokazuje da učenici možda ne shvaćaju silu kao vektor, nego kao skalar, te smatraju da električne sile na  $q$  mogu biti suprotnog

predznaka samo ako su izvori električnog polja (naboji  $Q_1$  i  $Q_2$ ) suprotnih predznaka. Rezultat nam ukazuje na problem koji potječe iz općenitih učeničkih problema s vektorima. Drugi problem vidimo u tome što je ukupno 35% učenika (odgovori A i C) zaokružilo odgovore koji govore da naboj  $Q_1$ , koji je bliže naboju  $q$  mora biti većeg iznosa od  $Q_2$ . Mogući problem kod ovakvog razmišljanja je problem proporcionalnog zaključivanja, te ti učenici zaključuju da ako je udaljenost nabijenoga tijela manja, iznos naboja mora biti veći da bi se dobila jednaka sila, što nije dobro razmišljanje. Problemi kod proporcionalnog zaključivanja bit će detaljnije diskutirani kasnije.



Slika 17. Zadatak 11 i frekvencija odgovora, DM 2020-2021, ljetni rok.

Ovaj zadatak od učenika zahtjeva razumijevanje strujnih krugova te što se događa s električnim otporom u serijskom ili paralelnom spoju. Iako se ovaj zadatak može riješiti isključivo računski možemo ga smatrati konceptualnim iz razloga što se do rješenja može doći proporcionalnim zaključivanjem. Za početak vidimo da su distraktori A i B bili zaokruženi kao točan odgovor ukupno od 42% učenika, a ti odgovori govore da će se ukupni otpor smanjiti uklanjanjem otpornika iz paralelnog spoja. Ovo je česta poteškoća kod učenika jer automatski misle da dodavanjem otpornika u spoj ukupni otpor mora



porasti, to jest uklanjanjem otpornika da se smanji. Ovo vrijedi za serijski spoj, ali za paralelan ne. Budući da su  $R_2$  i  $R_3$  spojeni paralelno, uklanjanjem jednoga od njih ukupni otpor se povećava, što je učenicima jako kontraintuitivno. Ova miskoncepcija bi se mogla riješiti izvođenjem pokusa na nastavi gdje učenici spajaju otpornike u razne strujne krugove te mjere napon i struju za pojedine elemente strujnog kruga. Ako škola nema potrebne materijale, postoje brojne simulacije slaganja strujnih krugova na internetu koje nastavnici mogu upotrijebiti na nastavi fizike.

Do točnog odgovora učenici mogu doći proporcionalnim zaključivanjem ili računanjem. Učenici bi trebali znati da ako spojimo dva otpornika jednakih otpora  $R$  paralelno, njihov ukupni otpor padne na polovicu vrijednosti, te dodavanjem još jednog jednakog otpornika u seriju ukupni otpor cijelog strujnog kruga iznosi  $1.5 R$ . Kada maknemo jedan od paralelno spojenih otpornika, ukupni otpor strujnog kruga poraste na  $2 R$ . Na kraju pogledamo omjer između  $2$  i  $1.5$  te vidimo da konačni otpor iznosi  $4/3$  početnoga, odnosno da točan odgovor mora biti pod C. Ovdje osim poteškoća s razumijevanjem strujnog kruga vidimo i poteškoće kod proporcionalnog zaključivanja. No, i sama formulacija zadatka je dodatno otežala problem, jer nije bio zadan pojedini otpor, nego početni ekvivalentni otpor kao  $R$ , pa se trebalo u tome dodatno snaći.

Riješenost Elektromagnetizma je jedna od lošijih po područjima, što je i očekivano zbog njegovog opsega i apstraktnosti. Iako se moderan život bazira na elektromagnetizmu, njegovo razumijevanje nije potrebno kako bi se mogli služiti svakodnevnim uređajima.

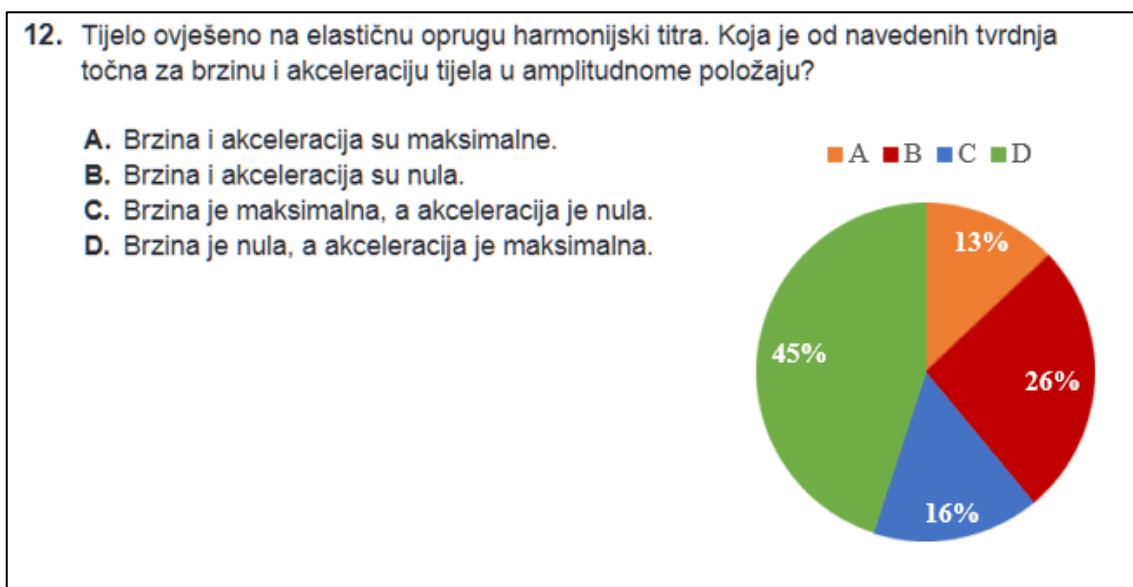
Među češćim zadacima iz ovog područja su zadaci u kojima se treba odrediti magnetsko polje oko vodiča, kao što imamo u primjeru na Slici 15. Ovo je jedan od najosnovnijih alata koje koristimo kroz cijelo gradivo te je jako bitno da ga učenici jako dobro usvoje. Jedan od načina kako bi učenici bolje zapamtili kako odrediti smjer magnetskog polja oko vodiča je izvođenje Oerstedovog pokusa na nastavi. Za ovaj pokus nije potrebno puno materijala, samo vodič i kompas tako da je pokus lako dostupan svim profesorima, a puno će pomoći učenicima da razumiju jednu od osnovnih pojava elektromagnetizma.

Elektrostatika je uvijek problem, što ukazuje na nepoznavanje električnih pojava i interakcija, za što su nužni pokusi i konceptualni zadaci. Zadaci koji često stvaraju dosta problema su određivanje iznosa i smjera električne sile među nabojima ili analize njihovog gibanja u električnom ili u magnetnom polju. Ovdje problem ponovo dolazi od nerazumijevanja gradiva iz mehanike, najviše vektora, zbrajanja sila i odnosa sile i brzine.

Kada se ovo gradivo obrađuje na nastavi treba ponovo posvetiti pažnju starom gradivu zato što učenici nisu uvijek svjesni koje stare koncepte koriste u novog gradivu, ako im se to dodatno ne naglasi.

Još jedan od čestih tipova zadataka koji nemaju dobru riješenost su strujni krugovi. Ti zadaci su češće računskog tipa, no loša riješenost i dalje proizlazi od neshvaćanja koncepta strujnog kruga, razlike između paralelnog i serijskog kruga i slično. Uspješnost razumijevanja ovih zadataka bi se mogla podići da učenici na satu sami slažu strujne krugove, sami mjere napon i struju pojedinih vrsta strujnih krugova, te da vježbaju kvalitativno zaključivanje o strujnim krugovima. Pribor potreban da učenici u razredu u grupama izvode pokuse sa strujnim krugovima danas su dostupni gotovo svakoj školi, a postoje i jako dobre simulacije dostupne online s kojima bi učenici kod kuće mogli raditi zadatke.

#### 6.2.4 Titranje, valovi i optika



Slika 18. Zadatak 12 i frekvencija odgovora, DM 2017-2018, ljetni rok.

U ovome zadatku učenici trebaju odrediti akceleraciju i brzinu u amplitudnom položaju harmoničkog oscilatora. Trebaju povezati ranije gradivo mehanike o brzini i akceleraciji te gradivo iz titranja, kako bi odredili što se događa s tijelom u amplitudnom položaju. Po frekvenciji distraktora možemo vidjeti da je ponovo veći problem to što učenici usko povezuju silu s brzinom, a ne akceleracijom, što nam ukazuje da je relativno niska riješenost vjerojatno uzrokovana nesavladanim konceptima vezanim uz Newtonove

zakone, koji su jako bitni i za druga područja fizike. Glavni distraktor također pokazuje da učenici povezuju akceleraciju s brzinom, a ne promjenom brzine. Na tome se može poraditi tako da se učenicima više naglasi značenje oznake delta, koja označava promjenu fizičke veličine, u definiciji akceleracije promjenu brzine, Trenutna brzina može biti nula iako je akceleracija različita od nule, što je učenicima teško shvatiti, ako povezuju akceleraciju s brzinom. Da je brzina u amplitudnome položaju jednaka nuli bira ukupno 71% učenika (odgovori B i D), dok ostali ili ne razumiju pojam amplitudnoga položaja ili nikako ne poznaju pojavu titranja. No, unutar ovih 71% koji znaju da je brzina jednaka nuli, skoro je trećina onih koji vjerojatno povezuju akceleraciju s brzinom.



Slika 19. Zadatak 18 i frekvencija odgovora, DM 2019-2020, ljetni rok.

U ovome zadatku učenike se ispituje poznavanje i razumijevanje određenih fizičkih pojava valne optike i pripadnih pokusa. Iako je riješenost dosta dobra, mogla bi biti još veća da su svi učenici taj ili sličan eksperiment s ogibom izveli ili promatrali na nastavi. Naravno, problem je što nema svaka škola opremu potrebnu za izvođenje svih eksperimenata, no za ovaj stvarno nije potrebno puno opreme, iako postizanje ogibne slike pomoću niti traži određenu eksperimentalnu vještinu. Druga opcija za eksperimente koji zahtijevaju skuplju opremu ili su teži za izvesti je da se pogleda snimka eksperimenta. Ova opcija nije idealna jer će učenici puno bolje razumjeti neki eksperiment ako ga izvedu samostalno ili promatraju frontalno izvođenje pokusa, no i dalje će bolje prepoznavati fizičke pojave nego bez ikakvog susretanja s eksperimentom. Pogrešni odgovori nam ukazuju na to da učenici vjerojatno nisu najbolje upoznati s ponuđenim fizičkim

pojavama, jer čak i da nisu upoznati sa samim eksperimentom, mogli bi zaključiti o kojoj se pojavi radi.

U gradivu Titranja, valova i optike ponovo su prisutne greške koje nastaju zbog nerazumijevanja ili zaboravljanja prijašnjeg gradiva, kao što su zakon očuvanja energije i Newtonovi zakoni. Nastavnici trebaju naglasiti kada koriste starije koncepte kako bi učenici obratili pozornost na činjenicu da iako su neko gradivo radili prije nekoliko godina da ga i dalje moraju znati koristiti.

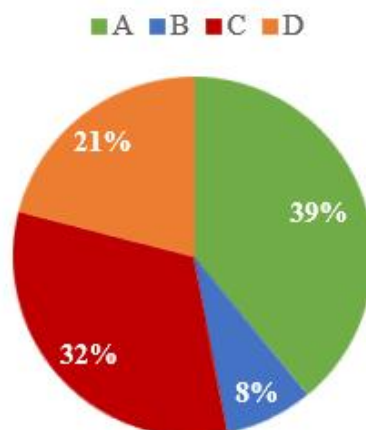
Također, zadaci koji su česti na ispitu državne mature iz fizike, a nemaju baš visoku riješenost, su prepoznavanje nekih pojava iz valne optike. Riješenost bi se mogla podići tako da učenici na satu rade eksperimente kojima demonstriraju i istražuju određene pojave te tako bolje zapamte što se događa i nauče razlikovati tipične eksperimentalne uzorke. Problem je opet, naravno, što nije svaka škola opremljena opremom za izvođenje pokusa pa je druga najbolja opcija gledati snimke pokusa ili izvoditi eksperimente preko simulacija dostupne na internetu. Geometrijska optika često nije najbolje riješena, pa treba primijeniti iste nastavne principe i na nju – demonstriranje i istraživanje pojava.

Kako ovo područje ispitivanja na državnoj maturi iz fizike (Titranje, valovi i optika) zapravo uključuje tri velike nastavne cjeline, zadaci iz pojedine cjeline pojavljuju se u malom broju, te je teško izvući neke općenitije zaključke o učeničkom razumijevanju sadržaja.

#### *6.2.5 Moderna fizika*

22. Koja je od navedenih tvrdnja točna za Bohrov model atoma?

- A. Elektron je najviše vezan za jezgru ako se nalazi u osnovnome stanju.
- B. Elektron je najviše vezan za jezgru ako se nalazi na energijskoj razini atoma  $n = 4$ .
- C. Elektron koji se nalazi u osnovnome stanju ima potencijalnu energiju  $E_p = -13,6 \text{ eV}$ .
- D. Elektron koji se nalazi u osnovnome stanju ima kinetičku energiju  $E_k = -13,6 \text{ eV}$ .



Slika 20. Zadatak 22 i frekvencija odgovora, DM 2020-2021, ljetni rok.

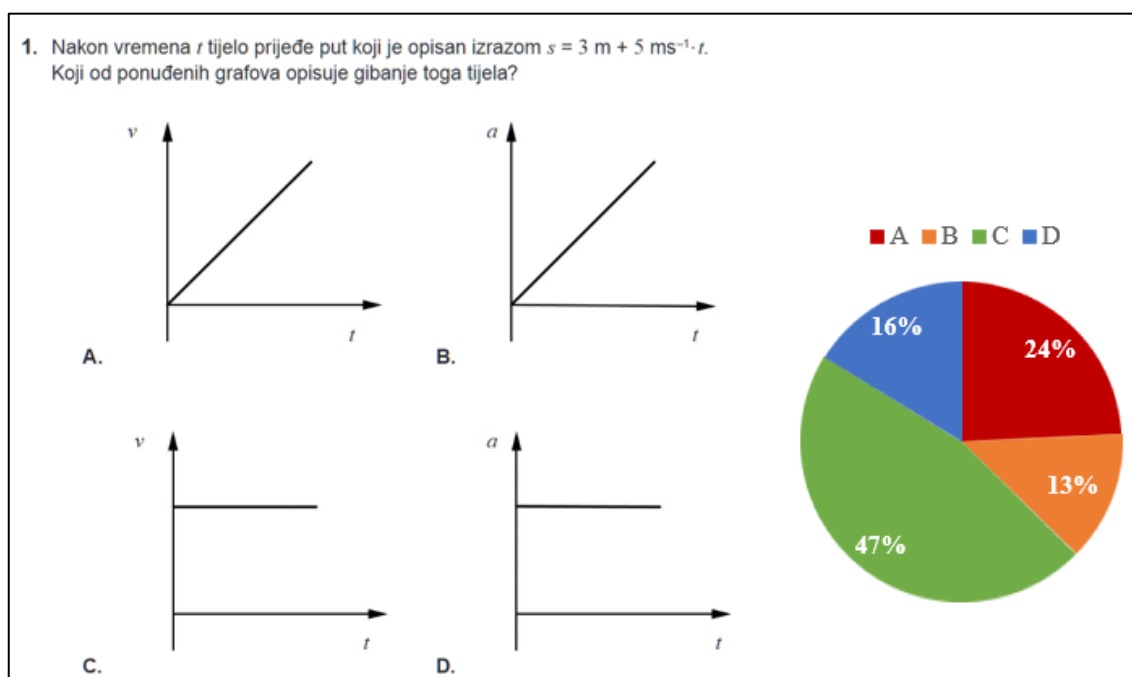
U modernoj fizici konceptualna pitanja su najčešće ovog oblika, provjerava se učeničko baratanje osnovnim konceptima moderne fizike bez upotrebe matematičkih alata, kao što su grafovi, vektori i slično. Budući da je moderna fizika jako apstraktna te učenicima potpuno novo područje, razumljivo je da čak i na ovakvim zadacima, gdje trebaju znati neke od osnovnih pojmova, učenici nisu sigurni što je točan odgovor. Najviše netočnih odgovora dolazi od toga što elektron u osnovnom stanju ima ukupnu energiju od  $-13,6 \text{ eV}$ , što je učenicima vjerojatno poznat podatak (odgovori C i D to daju naslutiti), no problem nastaje kod prepoznavanja toga da ukupna energija obuhvaća i kinetičku i električnu potencijalnu energiju. Dodatno se odgovor D mogao eliminirati na temelju činjenice da kinetička energija ne može biti negativna. Točan odgovor A bira tek malo više od trećine učenika.

Moderna fizika je posljednje područje ispitivanja, koje ima najnižu prosječnu riješenost. Glavni razlozi su možda što je moderna fizika dosta apstraktna, a za neke pojave ne postoje pokusi koji bi se mogli izvesti na nastavi (no postoje snimljeni pokusi i/ili računalne simulacije koji mogu pomoći, a premalo se koriste). Moderna fizika je zadnje gradivo koje učenici rade u srednjoj školi, što za većinu učenika znači da je to posljednje gradivo vezano uz fiziku. Iako bi to mogla biti i prednost, da im je najsvježije, u nastavnoj

praksi često za taj dio fizike više nema dovoljno vremena, pa se prijeđe brzo i na činjeničnoj razini. Za učenike koje interesira fizika vjerujem da ovo gradivo nije preteško, no možda mu ne posvećuju previše pažnje, s obzirom da je to gradivo najmanje zastupljeno na ispitu državne mature. Najbolje što profesori mogu napraviti je pokušati motivirati učenike da ne uče samo za ispit nego za život, jer je gradivo moderne fizike stvarno zanimljivo te da se ono više konceptualno ispituje i njegovo razumijevanje od strane učenika bi sigurno bilo puno veće.

## 6.3 Analiza zadataka prema korištenim alatima

### 6.3.1 Grafovi



Slika 21. Zadatak 1 i frekvencija odgovora, DM 2017-2018, ljetni rok.

Ovaj zadatak je primjer u kojem vidimo greške u analizi grafa te razumijevanju formule za put. Učenici iz formule trebaju iščitati da je brzina konstantna te to povezati s točnim grafom (C). Iako se zadatak može činiti laganim, vidimo da više od polovine učenika ima poteškoća s njime. Odgovori A i D mogli su neke podsjetiti na česte grafove koji se susreću u kinematici, ali koje očito ne znaju točno interpretirati. Mogući problem je formula u zadatku, koju svi učenici nisu na taj način pisali tijekom nastave, pa ih je mogla zbuniti. U ranijim zadacima državne mature, gdje je tip gibanja bio jasniji, učenici su redovito postizali visoke postotke točnih odgovora na ovakvim pitanjima.

Zadaci s grafovima, iako ponekad znaju biti i vrlo jednostavni, znaju često zadavati učenicima i probleme, što nam ukazuje na to da se takvim tipovima zadataka možda ne posvećuje dovoljno vremena na nastavi fizike. To nije baš dobro, zato što je čitanje i interpretacija grafova koristan alat za nastavu fizike i matematike, pa tako i za ispit državne mature iz fizike. U njemu se obično nalazi barem pet zadataka koji imaju neki graf u sebi, no češće u zadacima otvorenoga tipa, koji zahtijevaju više koraka od samog iščitavanja podataka iz grafa. S grafovima se također susrećemo vrlo često u svakodnevnom životu pa je stoga dodatno korisno da ih učenici znaju dobro interpretirati. Čest problem kod zadataka s grafom je nepoznavanje koncepata koji su prikazani u grafu.

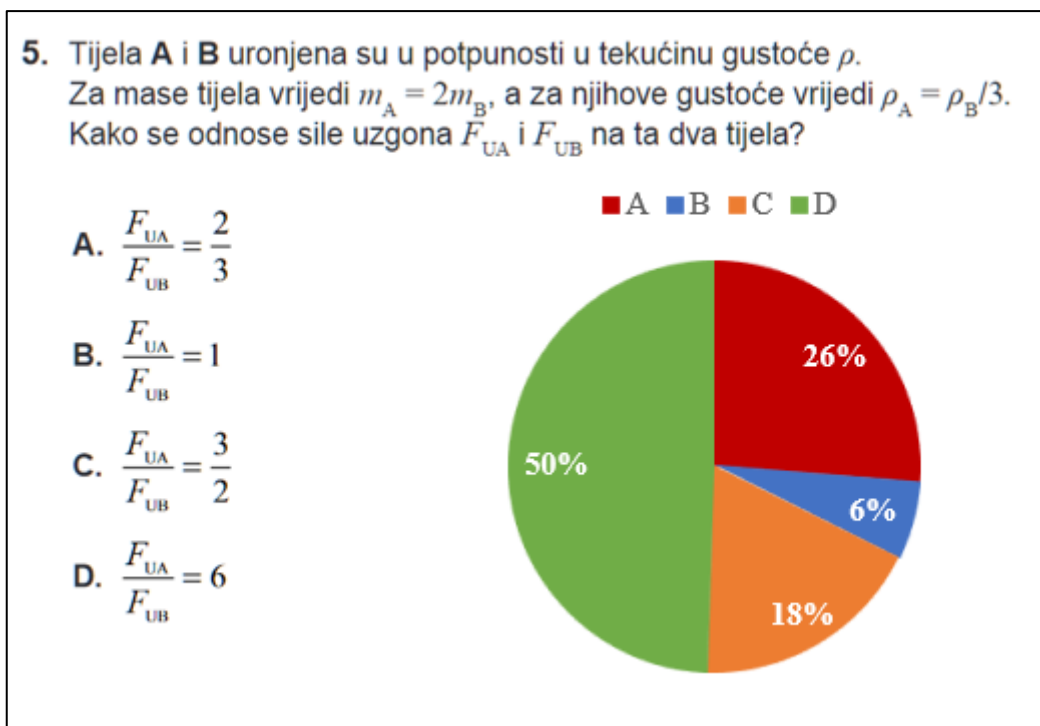
Mogući problem kod razumijevanja grafova je to što učenici imaju tendenciju da graf tretiraju kao sliku konkretne putanje tijela i često ne obraćaju pažnju na veličine koje se nalaze na osima grafa.

Još jedna od poznatih poteškoća kod razumijevanja grafova je nerazlikovanje nagiba pravca i visine pravca, pri čemu učenici misle da se nagib pravca povećava kako mu raste visina. Učenici također često interval zamjenjuju točkom pri analizi grafa. Na primjer, kad se od učenika traži da odrede akceleraciju tijela pomoću  $v$ - $t$  grafa, umjesto da gledaju dvije točke grafa te odrede vremenski interval i kolika je pripadna promjena brzine, te akceleraciju kao  $a = \Delta v / \Delta t$ , često znaju pogledati samo jednu točku grafa te njene koordinate uvrstiti u pogrešnu formulu  $a = v/t$  [10].

Učenici srednje korektno interpretiraju grafove (prosječna riješenost je 55%), te bi bilo poželjno da im se posvećuje još više pažnje u nastavi, jer osim što se grafovi pojavljuju kroz cijelu nastavu fizike i kroz većinu prirodoslovnih predmeta u nastavi, pojavljuju se i u svakodnevnom životu te je važno da učenici njima dobro barataju.



### 6.3.1 Proporcionalno zaključivanje



Slika 22. Zadatak 22 i frekvencija odgovora, DM 2018-2019, ljetni rok.

Proporcionalno zaključivanje je jako koristan alat za rješavanje zadataka iz fizike, ne samo konceptualnih, već i za brže rješavanje nekih računskih zadataka. Sposobnost proporcionalnog zaključivanja treba razvijati u nastavi, jer pomaže u uočavanju funkcionalnih ovisnosti među veličinama te zahtijeva razumijevanje i korištenje kontrole varijabli. Ako imamo proporcionalne veličine, one imaju stalan omjer, što znači da se jedna veličina poveća jednaki broj puta koliko se poveća druga veličina. Suprotno tome imamo obrnutu proporcionalnost, koja nam govori da ako se jedna veličina poveća određeni broj puta, druga se smanji jednak broj puta. Kod kvadratne ovisnosti govorimo o proporcionalnosti ili obrnutoj proporcionalnosti jedne veličine s kvadratom druge (npr. gravitacijska je sila obrnuto proporcionalna kvadratu udaljenosti tijela).

U ovome primjeru imamo nimalo trivijalan zadatak za učenike. Za početak treba primijetiti u formuli za uzgon da uzgon ovisi o gustoći tekućine te se ne zbuniti s podacima o gustoćama tijela zadanim u zadatku. S druge strane, u formuli za uzgon se nalazi volumen uronjenog predmeta, koji ovisi i o masi i o gustoći predmeta. Iz formule vidimo da je volumen proporcionalan s masom, te obrnuto proporcionalan s gustoćom predmeta. Iz podataka zadanih u zadatku vidimo da je volumen predmeta A dvostruko veći od volumena B zbog dvostruke mase, te nakon toga treba još uvrstiti gustoću, koja

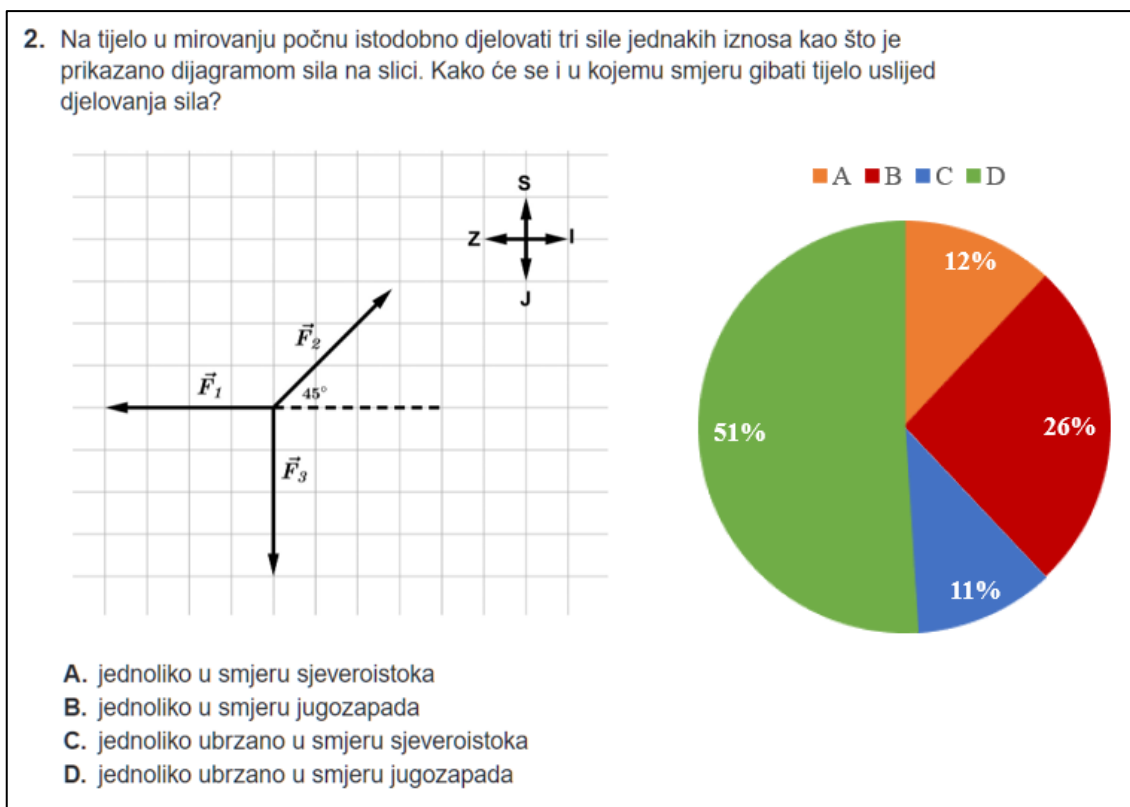
zbog obrnute proporcionalnosti čini volumen A tri puta većim od volumena B, što nam ukupno daje volumen A koji je 6 puta veći od volumena B. Vidimo da je sila uzgona direktno proporcionalna volumenu uronjenog predmeta, te zaključujemo da na tijelo A djeluje 6 puta veća sila uzgona nego na tijelo B. Ovo su svi potrebni koraci kako bi se došlo do točnog rješenja: odrediti ovisnost između varijabli, zaključiti o smjeru promjene te na kraju odrediti iznos promjene. Na ispitu državne mature iz fizike znaju se pronaći zadaci gdje imamo promjenu samo jedne varijable, no puno češći slučaj je da su barem dvije varijable promijenjene. Riješenost zadataka tada dosta pada: u slučaju samo jedne varijable se frekvencija točnih odgovora kreće oko 70%, no čim se pojavi još jedna varijabla riješenost padne na 50%. Mogući je razlog tome, kao što možemo vidjeti na ovom primjeru, da učenici uzmu ta dva faktora koji su napisani u zadatku te ih međusobno pomnože ili podijele bez razmišljanja o ovisnostima veličina, te se nadaju da je odgovor točan (u ovome zadatku to se dogodilo s onima koji su birali odgovore A i C, ukupno 44%). Ovo bi se moglo spriječiti da se na ispitima u školi traži pismeno obrazloženje za ovakav tip zadatka te spriječi nasumično zaokruživanje i natjera učenika da razmisli o odgovoru kojega je odabrao i razvije i prezentira sposobnost proporcionalnog zaključivanja.

Proporcionalno zaključivanje se razvija kroz cijelu nastavu fizike te je nužno kako bi se bolje uočavale ovisnosti te razvilo apstraktno mišljenje i kontrola varijabli [10]. Nužan je alat za nastavu fizike, ali i za druge predmete kao što su matematika, kemija i slično.

Zadaci koji uključuju proporcionalno zaključivanje su riješeni nešto malo lošije od grafova (statistički nerazlučivo) te riješenost ne ovisi toliko o gradivu na koje se primjenjuje već o samoj činjenici da zadatak zahtijeva proporcionalno zaključivanje. Razlog tome je što učenici na nastavi puno češće rješavaju zadatke koji uključuju konkretne brojeve, ne zahtijevaju puno apstraktnog razmišljanja nego samo uvrštavanje u konkretnu formulu. Kad uvrštavanje nije moguće, kod zadataka koji ispituju proporcionalno zaključivanje, učenici često bez razmišljanja zaokruže odgovor koji sadrži isti faktor promjene kao onaj zadan u zadatku. Treba napomenuti i da vjerojatno mnogi učenici točno riješe zadatak algebarski računajući omjere veličina, što nije pogrešno, ali ne razvija proporcionalno zaključivanje. Stoga u nastavi treba raditi na tome da se razvije upravo zaključivanje na temelju funkcionalnih ovisnosti, bez računanja omjera, što razvija i formalno mišljenje učenika. Ovaj tip zadataka u pravilu ne bi trebao

biti pretežak te bi se riješenost mogla povisiti na način da se više ovakvih zadataka uklopi u nastavu.

### 6.3.2 Vektori



Slika 23. Zadatak 2 i frekvencija odgovora, DM 2020-2021, ljetni rok.

Ovaj zadatak od učenika zahtijeva razumijevanje zbrajanja vektora kako bi se odredio smjer ukupne sile, a potom razumijevanje Newtonovih zakona pri određivanju tipa gibanja. Dobro je vidjeti da je velika većina učenika za početak barem odredila točan smjer kretanja, ukupno njih 77% (odgovori D i B), dok ostatak učenika vjerojatno ima poteškoća sa zbrajanjem vektorskih veličina. Vidjeli smo i u ranijim primjerima na Slici 9. i Slici 11. da učenici vjerojatno nemaju puno prakse sa zbrajanjem sila, crtanjem dijagrama sila i slično. Ovdje ponovo vidimo da učenici povezuju stalnu silu s jednolikim gibanjem (stalnom brzinom), a ne s jednoliko ubrzanim gibanjem pa zbog toga imamo velik udio pogrešnih odgovora. Učenici imaju poteškoća kod zbrajanja kolinearnih vektora, pogotovo kada su suprotne orijentacije, s nepoznavanjem pravila paralelograma i rastavljanjem vektora na komponente, što se često koristi u zadacima otvorenog tipa [10]. Rješavanje ovih poteškoća zahtijeva bolju koordinaciju između profesora fizike i

matematike jer se i na matematici uče vektori, pa se može dogovoriti kojim stvarima se treba posvetiti više pažnje.

Vektori su alat koji se često koristi, prvo u mehanici, a onda i drugim područjima, te ga treba bolje savladati. Zadaci koji uključuju vektore imaju najnižu srednju riješenost iako su vrlo bitni za gradivo fizike. Učenici ne znaju zbrajati i oduzimati vektore, osobito kolinearne vektore suprotnih orijentacija. Taj problem bi se mogao riješiti time da se učenicima pokaže metoda u kojoj oduzimanje vektora pretvorimo u zbrajanje sa suprotnim vektorom što im je vjerojatno puno poznatije. Također bi trebala biti dobra koordinacija između profesora fizike i matematike s obzirom da se vektori uče i na satu matematike pa se neke stvari mogu dodatno naglasiti od oba profesora.

## 7. Zaključci i implikacije za nastavu

Možemo zaključiti iz prethodne analize da konceptualno razumijevanje fizike kod maturanata koji pristupaju ispitu državne mature iz fizike nije dovoljno razvijeno. Učenici ne savladavaju osnovne koncepte u dovoljnoj mjeri, te se to pokazuje i kasnije na računskim zadacima koji zahtijevaju njihovo razumijevanje. Poteškoća u razumijevanju koncepata ima u cijelom gradivu fizike, često zbog nekih miskoncepcija iz stvarnog života na čemu je profesorima cilj da se riješe tih miskoncepcija. Treba obraćati više pažnje kada se koriste neke česte metode i koncepti, kao što su vektori, crtanje dijagrama, korištenje Newtonovih zakona, zakon očuvanja energije i tome slično. Bitno je znati koje su česte poteškoće kod učenika kako bi se tome posvetilo što više pažnje te im se olakšalo usvajanje gradiva od samog početka.

Na maturi se ponekad zna dogoditi da zadaci nisu baš najbolje sastavljeni, nisu napisane neke stvari koje se možda podrazumijevaju, ali ako učenik krivo pretpostavi može zadatak krivo riješiti. Kod konceptualnih zadataka jasnoća i potpunost formulacija je iznimno važna.

Važna nastavna metoda, koja bi se trebala koristiti u puno većoj mjeri na nastavi fizike za provjeravanje i razvijanje razumijevanja koncepata, je rješavanje konceptualnih pitanja pomoću ABCD kartica. Kao što možemo vidjeti iz istraživanja [13] rješavanje konceptualnih pitanja je jako učinkovito za razvijanje razumijevanje koncepata iz fizike i načina zaključivanja koji su važni u fizici. Konceptualna pitanja bi se koristila nakon uvođenja nekog novog koncepta kao provjeru razumijevanja tog novog koncepta, najčešće pri kraju sata. Nastavnici dobivaju uvid u učeničko razumijevanje novoga gradiva te mogu odmah dublje pojasniti koncepte da bi se riješile češće poteškoće. Velika prednost za nastavnike je što su velik dio ispita državne mature konceptualna pitanja pa ih mogu koristiti za provjeru znanja na satu da ih još više pripremi na tip zadataka koji se pojavljuje na ispitu državne mature.

Jedan od glavnih razloga loših rezultata na ispitu državne mature je taj što učenici ne uče s razumijevanjem nego često napamet uče, bez da shvate koncepte koje rade na nastavi. Jedan od načina kako bi nastavnik poboljšao razumijevanje koncepata je istraživački usmjerena nastava. U procesu istraživački usmjerene nastave učenici koriste metode i prakse kojima konstruiraju svoje znanje kroz proces otkrivanja novih relacija i pravilnosti, pri čemu učenik formulira i testira svoje hipoteze kroz eksperimente. Kod

ovakvog tipa nastave bitno je da učenicka istraživanja budu organizirana, vođena i usmjeravana od strane nastavnika, ali tako da ostavljaju učenicima dovoljno prostora za samostalno razmišljanje, osmišljanje pokusa, testiranje hipoteza, zaključivanja itd. Nastavnik treba kontinuirano pratiti kako učenici rade, postavljati dobra potpitanja kojima učenici lakše dolaze do znanja koje ih žele naučiti. Istraživački usmjerena nastava zahtijeva nešto više pripreme od klasičnog predavačkog oblika, no trebala bi se koristiti što više u školama jer je daleko učinkovitija od predavačke, a i propisana je nacionalnim kurikulumom. Učenici će kroz nju više i brže napredovati što će rezultirati boljim uspjehom na ispitu državne mature iz fizike, i još bitnije od toga, boljim razumijevanjem koncepata iz fizike.

## 8. Literatura

- [1] Ministarstvo znanosti, obrazovanja i mladih (2024), Državna matura, <https://mzo.gov.hr/istaknute-teme/odgoj-i-obrazovanje/vrednovanje-i-osiguranje-kvalitete-u-sustavu-odgoja-i-obrazovanja/drzavna-matura/459>
- [2] Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta (2023), Pravilnik o polaganju državne mature, <https://www.zakon.hr/cms.htm?id=40951>
- [3] NCVVO (2018), Statistička i psihometrijska analiza ispita državne mature 2017-2018., <https://www.ncvvo.hr/statisticka-i-psihometrijska-analiza-ispita-drzavne-mature-u-sk-god-2017-2018/>
- [4] NCVVO (2019), Statistička i psihometrijska analiza ispita državne mature 2018-2019., <https://www.ncvvo.hr/statisticka-i-psihometrijska-analiza-ispita-drzavne-mature-u-sk-god-2018-2019/>
- [5] NCVVO (2020), Statistička i psihometrijska analiza ispita državne mature 2019-2020., <https://www.ncvvo.hr/statisticka-i-psihometrijska-analiza-ispita-drzavne-mature-u-sk-god-2019-2020/>
- [6] NCVVO (2021), Statistička i psihometrijska analiza ispita državne mature 2020-2021., <https://www.ncvvo.hr/statisticka-i-psihometrijska-analiza-ispita-drzavne-mature-u-sk-god-2020-2021/>
- [7] NCVVO (2018), Ispitni katalog za državnu maturu 2017-2018., <https://www.ncvvo.hr/ispitni-katalozi-drzavnu-maturu-2017-2018/>
- [8] NCVVO (2023), Ispitni katalog za državnu maturu 2022-2023., <https://www.ncvvo.hr/ispitni-katalozi-za-drzavnu-maturu-2022-2023/>
- [9] NCVVO (2022), Statistička i psihometrijska analiza ispita državne mature 2021-2022., <https://www.ncvvo.hr/statisticka-i-psihometrijska-analiza-ispita-drzavne-mature-u-sk-god-2021-2022/>
- [10] Planinić, M. (2023). Skripta iz Metodike nastave fizike 1, <https://metodika.phy.hr/claroline/claroline/course/index.php?cid=MET1N>
- [11] Mazur, E. (1997). Peer Instruction., <https://serc.carleton.edu/resources/1304.html>



- [12] Mc Connell, D. (2009). ConcepTests, North Carolina State University, <https://serc.carleton.edu/sp/library/concepttests/index.html>
- [13] Crouch, C. H. i Mazur, E. (2001). Peer Instruction: Ten years of experience and results, Am. J. Phys. 69 (9), 970.
- [14] Hake, R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses, Am. J. Phys. 66, 64.

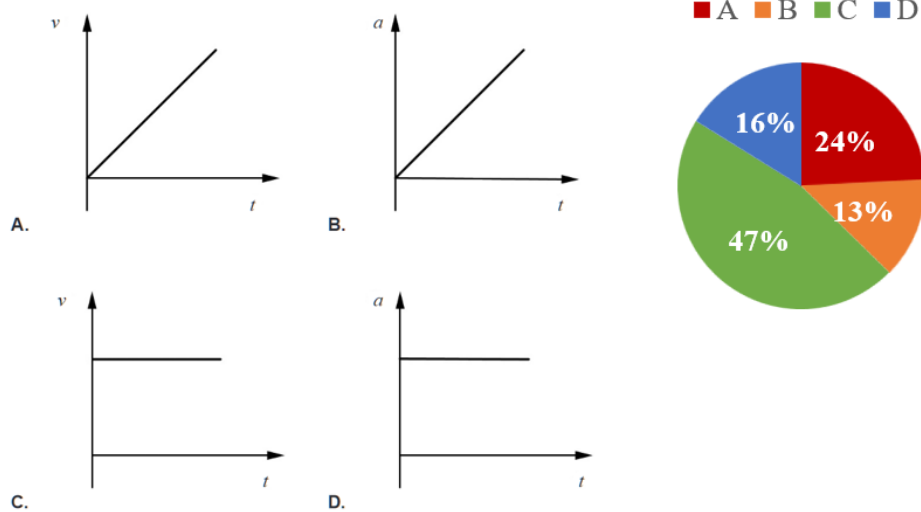
## 9. Dodatak

U ovome su dijelu prezentirani svi analizirani konceptualni zadaci s ispita državnih matura iz fizike iz godina 2017-2018. do 2020-2021., podijeljeni po području ispitivanja i po godinama.

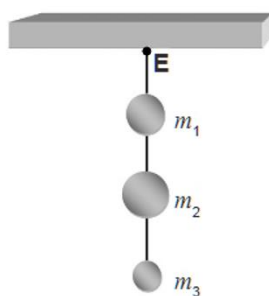
### 9.1. Zadaci iz mehanike

Godina 2017/2018.

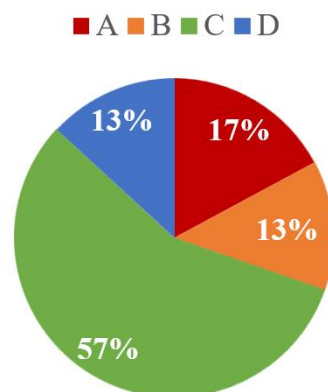
1. Nakon vremena  $t$  tijelo prijeđe put koji je opisan izrazom  $s = 3 \text{ m} + 5 \text{ ms}^{-1} \cdot t$ .  
Koji od ponuđenih grafova opisuje gibanje toga tijela?



2. Na slici su prikazana tri tijela različitih masa ovješena u točki **E**.  
Mase tijela iznose  $m_1 = 1,5 \text{ kg}$ ,  $m_2 = 2 \text{ kg}$  i  $m_3 = 0,5 \text{ kg}$ .  
Kolika je napetost niti između tijela masa  $m_1$  i  $m_2$ ?



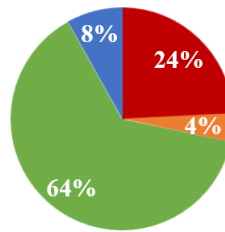
- A. 5 N  
B. 15 N  
C. 25 N  
D. 40 N



4. Tijelo se nalazi u tekućini gustoće  $\rho$  tako da je  $\frac{1}{5}$  volumena tijela iznad površine tekućine. Kolika je gustoća tijela?

- A.  $\rho/5$   
 B.  $\rho/2$   
 C.  $4\rho/5$   
 D.  $\rho$

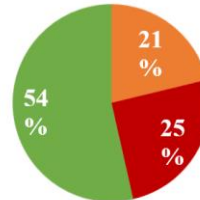
■ A ■ B ■ C ■ D



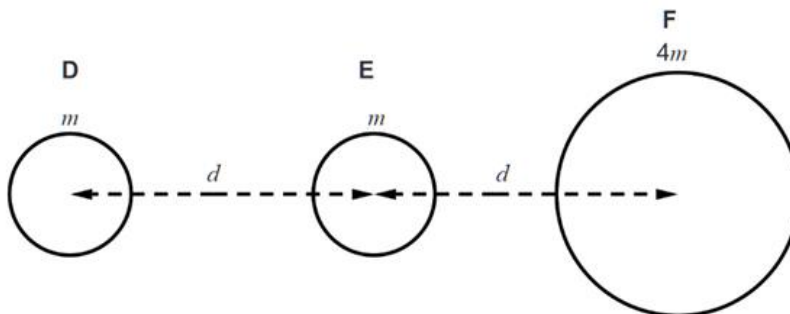
21. Tijelo **G** bačeno je vertikalno prema gore s visine  $h$  početnom brzinom iznosa  $v_G$ . Tijelo **H** bačeno je vertikalno prema dolje s iste visine  $h$  početnom brzinom iznosa  $v_H$ . Što vrijedi za brzine kojima tijela padnu na tlo ako su početne brzine  $v_G$  i  $v_H$  jednakoga iznosa? Zanemarite otpor zraka

- A. Brzina tijela **G** veća je od brzine tijela **H**.  
 B. Brzina tijela **G** manja je od brzine tijela **H**.  
 C. Brzina tijela **G** jednaka je brzini tijela **H**.

■ A ■ B ■ C

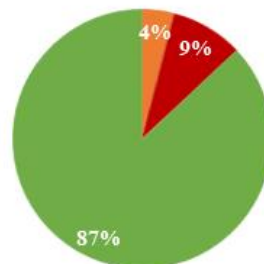


22. Na slici su prikazana dva planeta **D** i **E** mase  $m$  i planet **F** mase  $4m$ . Središta planeta nalaze se na istome pravcu, a udaljenost između središta dvaju susjednih planeta je  $d$ . Između kojih planeta gravitacijska sila ima najveći iznos?



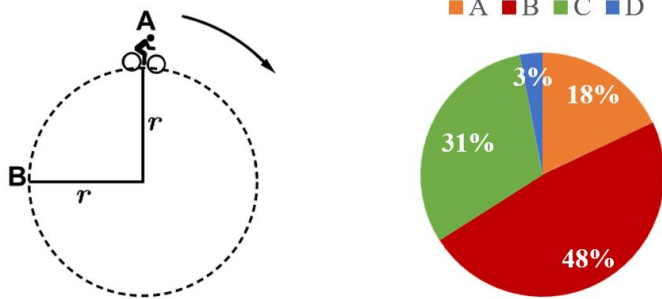
- A. između planeta **D** i **E**  
 B. između planeta **D** i **F**  
 C. između planeta **E** i **F**

■ A ■ B ■ C



Godina 2018/2019.

1. Na slici je prikazan biciklist koji se giba po kružnoj stazi polumjera zakrivljenosti  $r$ .



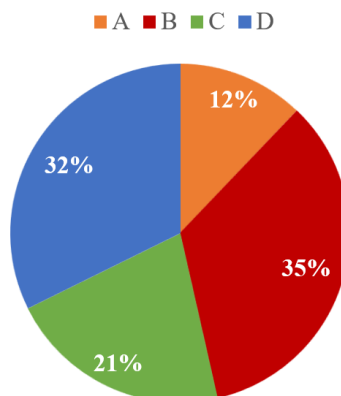
Koliki je iznos pomaka koji je napravio biciklist gibajući se iz točke A u točku B?

- A.  $\frac{1}{2}r\pi$   
 B.  $\frac{3}{2}r\pi$   
 C.  $r\sqrt{2}$   
 D.  $2r$
2. Na horizontalnoj podlozi nalaze se dva tijela masa  $m_1 > m_2$  međusobno povezana nerastezljivom niti kao što je prikazano na slici.



Kolika je napetost niti  $N$  koja povezuje tijela ako na tijelo manje mase djeluje stalna sila  $F$  i ako se tijela gibaju ubrzanjem  $a$ ? Zanemarite silu trenja između podloge i tijela.

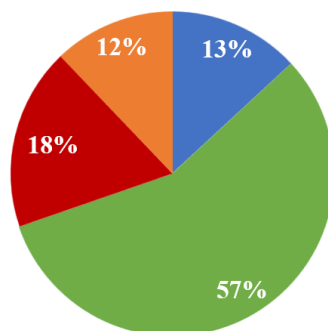
- A.  $N = m_2 a$   
 B.  $N = m_2 a + F$   
 C.  $N = m_1 a$   
 D.  $N = F - m_1 a$



3. Tijelo mase  $m$  giba se po horizontalnoj podlozi stalnom brzinom  $v$  bez trenja. Nakon toga nailazi na hrapavu podlogu takvu da je koeficijent trenja između tijela i podloge  $\mu$ . Koliki je ukupni put prešlo tijelo po hrapavoj podlozi prije nego što se zbog trenja zaustavilo?

■ A ■ B ■ C ■ D

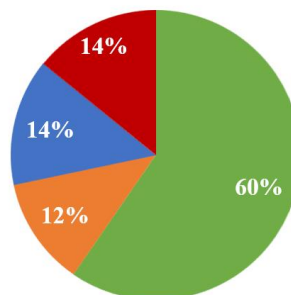
- A.  $\frac{2v^2}{\mu g}$   
 B.  $\frac{v^2}{2\mu g}$   
 C.  $\frac{\mu v^2}{2g}$   
 D.  $2\mu g v^2$



4. Dva satelita mase  $m_1 = 2m_2$  gibaju se oko Zemlje po kružnim putanjama jednakih polumjera  $r_1 = r_2$ . Koja od navedenih tvrdnja **ne vrijedi** za gibanje satelita?

- A. Na satelite djeluju jednake centripetalne sile.  
 B. Sateliti imaju jednaka ophodna vremena.  
 C. Sateliti se gibaju jednakim brzinama.  
 D. Sateliti se gibaju jednakim centripetalnim ubrzanjima

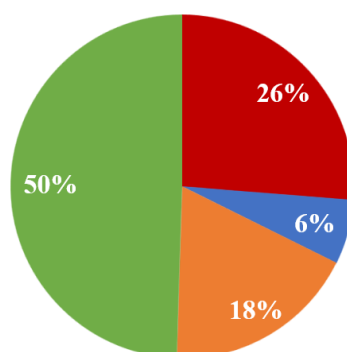
■ A ■ B ■ C ■ D



5. Tijela A i B uronjena su u potpunosti u tekućinu gustoće  $\rho$ . Za mase tijela vrijedi  $m_A = 2m_B$ , a za njihove gustoće vrijedi  $\rho_A = \rho_B/3$ . Kako se odnose sile uzgona  $F_{UA}$  i  $F_{UB}$  na ta dva tijela?

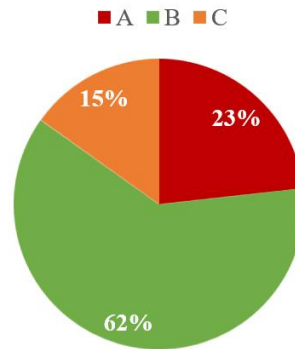
■ A ■ B ■ C ■ D

- A.  $\frac{F_{UA}}{F_{UB}} = \frac{2}{3}$   
 B.  $\frac{F_{UA}}{F_{UB}} = 1$   
 C.  $\frac{F_{UA}}{F_{UB}} = \frac{3}{2}$   
 D.  $\frac{F_{UA}}{F_{UB}} = 6$



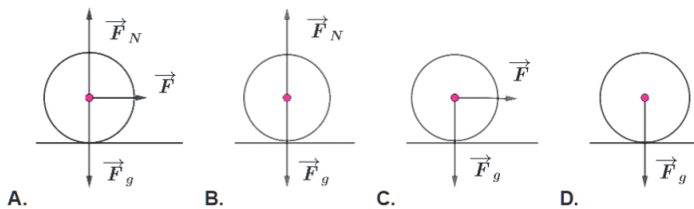
24. Jedan kamen bačen je vertikalno prema gore s vrha litice brzinom  $v$ . Drugi kamen bačen je s iste litice jednakom brzinom  $v$  vertikalno prema dolje. Koji kamen ima veću brzinu u trenutku udara o tlo? Zanemarite otpor zraka.

- A. Kamen bačen prema gore ima veću brzinu.
- B. Oba kamena imaju jednaku brzinu.
- C. Kamen bačen prema dolje ima veću brzinu.

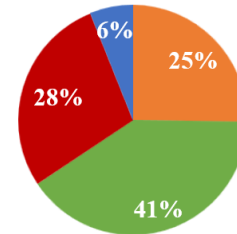


Godina 2019/2020.

2. Na kojoj je slici ispravno prikazan dijagram sila na loptu koja se giba jednoliko pravocrtno po ravnoj podlozi bez trenja?



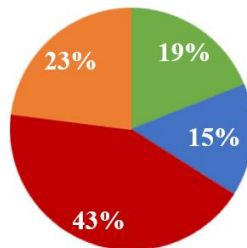
■ A ■ B ■ C ■ D



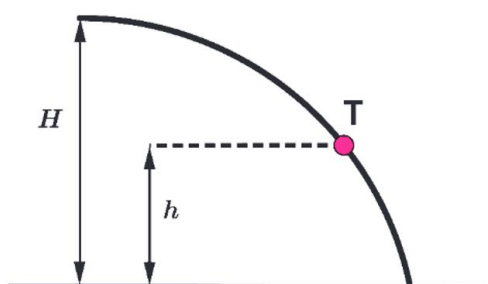
3. Traktor mase  $m$  ore njivu u obliku kružnice polumjera  $r$  stalnom brzinom  $v$ . Koliko iznosi rad sile podloge na traktor kada traktor jednom obiđe kružnicu?

- A. nula
- B.  $\frac{2mg\pi}{r}$
- C.  $2r\pi mg$
- D.  $2\pi mv^2$

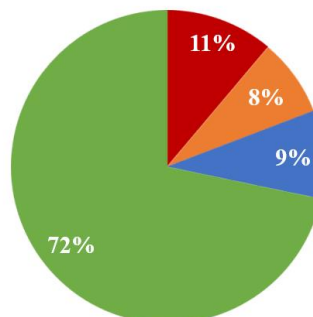
■ A ■ B ■ C ■ D



4. Tijelo je izbačeno s visine  $H$  brzinom  $v_0$  u horizontalnome smjeru. Na slici je prikazana putanja tijela te točka **T** u kojoj se tijelo nalazi na visini  $h$ . Koji od navedenih izraza vrijedi za brzinu tijela  $v$  u točki **T**? Zanemarite otpor zraka.



■ A ■ B ■ C ■ D

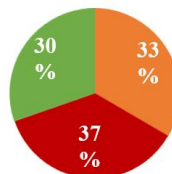


- A.  $v^2 = v_0^2 + 2gH$   
 B.  $v^2 = 2gh$   
 C.  $v^2 = 2g(H - h)$   
 D.  $v^2 = v_0^2 + 2g(H - h)$

24. U posudi se nalazi voda na čijoj površini pluta kuglica tako da je polovina obujma kuglice uronjena u vodu. Koja je od navedenih tvrdnja ispravna ako se na površinu vode dolije ulje? Pretpostavite da se voda i ulje ne miješaju. Gustoća kuglice veća je od gustoće ulja, a manja od gustoće vode.

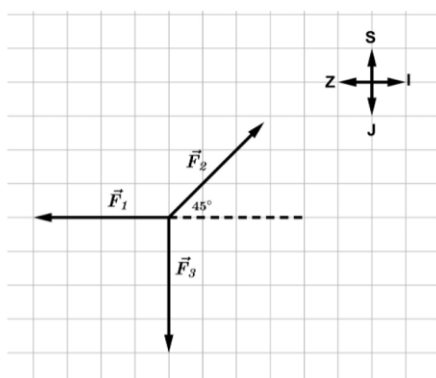
■ A ■ B ■ C

- A. Više od polovine obujma kuglice uronjeno je u vodu.  
 B. Polovina obujma kuglice uronjena je u vodu.  
 C. Manje od polovine obujma kuglice uronjeno je u vodu.

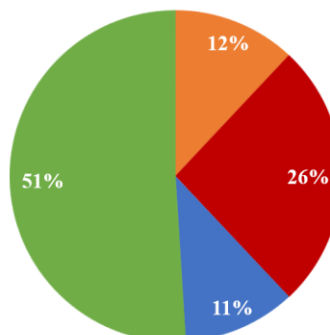


Godina 2020/2021.

2. Na tijelo u mirovanju počnu istodobno djelovati tri sile jednakih iznosa kao što je prikazano dijagramom sila na slici. Kako će se i u kojemu smjeru gibati tijelo uslijed djelovanja sila?



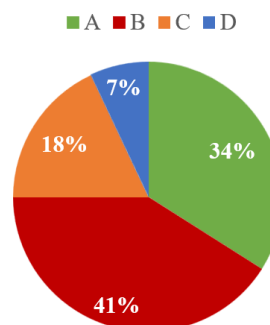
■ A ■ B ■ C ■ D



- A. jednoliko u smjeru sjeveroistoka  
 B. jednoliko u smjeru jugozapada  
 C. jednoliko ubrzano u smjeru sjeveroistoka  
 D. jednoliko ubrzano u smjeru jugozapada

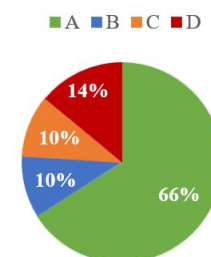
4. Crvena i plava lopta istodobno su izbačene s vrha nebodera. Crvena lopta izbačena je u horizontalnome smjeru, a plava je ispuštena da slobodno pada. Koja je od navedenih tvrdnja točna? Zanimarite otpor zraka.

- A. Obje lopte udaraju u tlo istodobno i različitim brzinama.  
 B. Obje lopte udaraju u tlo istodobno i istim brzinama.  
 C. Plava lopta udara u tlo prva, manjom brzinom od crvene lopte.  
 D. Crvena lopta udara u tlo prva, većom brzinom od plave lopte.



5. Dva satelita masa  $m_1 = 2m_2$  gibaju se oko Zemlje po kružnim putanjama jednakih polumjera  $r_1 = r_2$ . Koja od navedenih tvrdnja **ne vrijedi** za gibanje satelita?

- A. Na satelite djeluju jednake centripetalne sile.  
 B. Sateliti imaju jednaka ophodna vremena.  
 C. Sateliti se gibaju jednakim brzinama.  
 D. Sateliti se gibaju jednakim centripetalnim ubrzanjima.

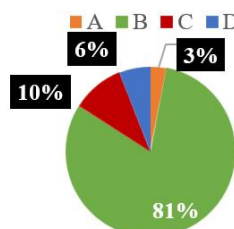


## 9.2. Zadaci iz termodinamike

Godina 2017/2018.

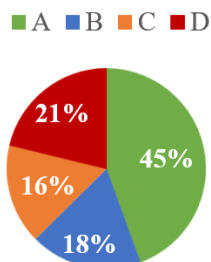
5. Tlak idealnoga plina poveća se izohorno za 15 %. Koliko se poveća temperatura plina?

- A. 10 %  
 B. 15 %  
 C. 30 %  
 D. 85 %



7. Kako se mijenjaju unutarnja energija  $\Delta U$ , toplina  $Q$  i rad  $W$  u procesu adijabatske kompresije idealnoga plina?

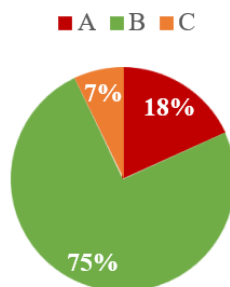
- A.  $\Delta U > 0$ ,  $Q = 0$ ,  $W < 0$   
 B.  $\Delta U > 0$ ,  $Q = 0$ ,  $W > 0$   
 C.  $\Delta U = 0$ ,  $Q < 0$ ,  $W < 0$   
 D.  $\Delta U > 0$ ,  $Q > 0$ ,  $W > 0$





23. Aluminij, željezo i voda imaju jednaki volumen pri temperaturi 20 °C. Koja će tvar imati najveći volumen ako se sve tvari zagriju na jednaku temperaturu od 80 °C? Za volumne koeficijente rastezanja  $\alpha$  vrijedi  $\alpha_{\text{Al}} < \alpha_{\text{Fe}} < \alpha_{\text{voda}}$ .

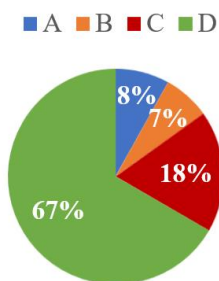
- A. aluminij  
B. voda  
C. željezo



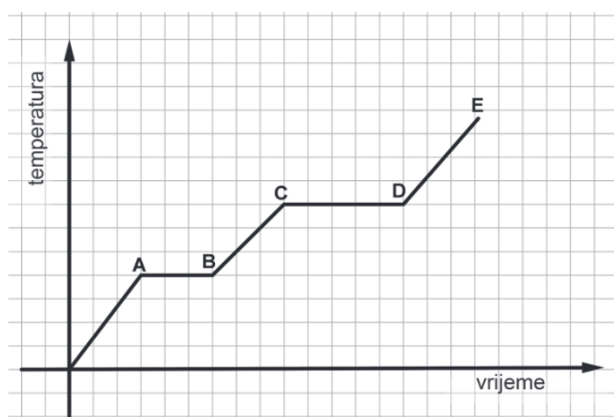
Godina 2018/2019.

6. U posudi se nalazi idealni plin na temperaturi 0 °C i atmosferskome tlaku  $p_0$ . Na koju temperaturu treba izohorno zagrijati plin kako bi tlak u posudi bio  $3p_0$ ?

- A. 273 K  
B. 273 °C  
C. 546 K  
D. 546 °C

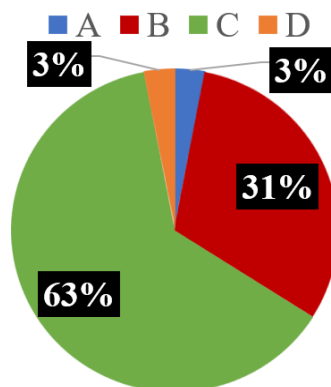


8. Na slici je prikazan fazni dijagram koji opisuje promjene agregacijskih stanja vode kada joj se stalno dovodi neka količina topline. Početna je temperatura leda -10 °C.



Kolika je temperatura  $t$  u točki C?

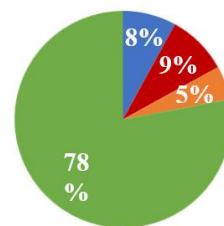
- A.  $t = 0$  °C  
B.  $0$  °C  $< t < 100$  °C  
C.  $t = 100$  °C  
D.  $t > 100$  °C



9. Koja je od navedenih tvrdnja u skladu sa zakonima termodinamike?

■ A ■ B ■ C ■ D

- A. Toplina nekad spontano prelazi s tijela niže na tijelo više temperature.
- B. Moguć je *perpetuum mobile* druge vrste.
- C. Postoji toplinski stroj bez hladnoga spremnika.
- D. Ne postoji toplinski stroj koji svu toplinu iz toplijega spremnika pretvara u rad.



Godina 2019/2020.

6. U zatvorenoj posudi nalazi se idealni plin na temperaturi 75 °C i tlaku  $p_1$ . Što vrijedi za tlak  $p_2$  u posudi nakon izohornoga zagrijavanja plina do temperature 150 °C?

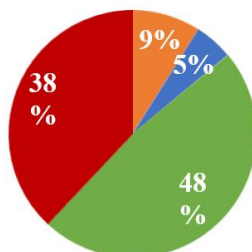
A.  $p_2 = \frac{p_1}{2}$

B.  $p_2 = p_1$

C.  $p_1 < p_2 < 2p_1$

D.  $p_2 = 2p_1$

■ A ■ B ■ C ■ D



8. Koja je od navedenih termodinamičkih veličina jednaka nuli u kružnome procesu?

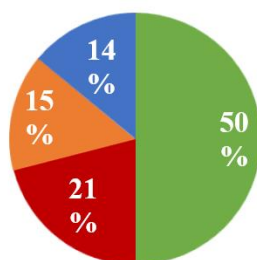
A.  $\Delta U$

B.  $Q$

C.  $W$

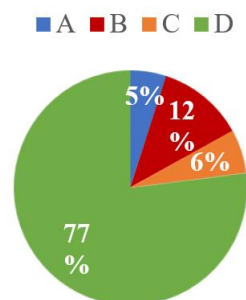
D.  $E_K$

■ A ■ B ■ C ■ D



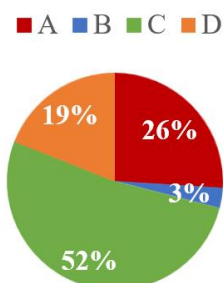
6. Koja od navedenih tvrdnja **ne vrijedi** za toplinsko širenje metalne kugle pri zagrijavanju?

- A. Volumen je kugle veći što je veća promjena temperature.  
 B. Promjena je volumena veća što je veći početni volumen kugle.  
 C. Toplinsko širenje kugle ovisi o vrsti metala.  
 D. Toplinskim širenjem kugle raste njezina gustoća.



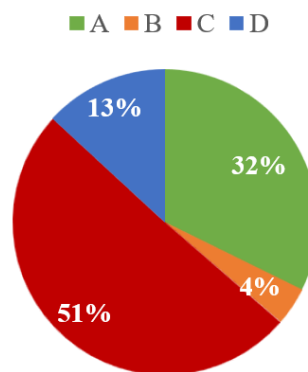
7. Tri kuglice, olovna, bakrena i željezna, imaju jednaku masu  $m$  i zagrijane su do jednake temperature  $t_1$ . Za specifične toplinske kapacitete kuglica vrijedi  $c_{\text{olova}} < c_{\text{bakra}} < c_{\text{željeza}}$ . U svaku od triju staklenih čaša napunjenih vodom temperature  $t_2 < t_1$  ubaci se po jedna kuglica. Početni volumen i temperatura vode u svim su čašama jednaki. U kojoj će čaši konačna temperatura biti najveća? Zanimarite zagrijavanje staklenih čaša i okoline.

- A. u čaši s olovnom kuglicom  
 B. u čaši s bakrenom kuglicom  
 C. u čaši sa željeznom kuglicom  
 D. u svim čašama jednaka

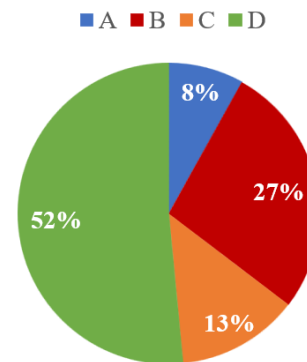
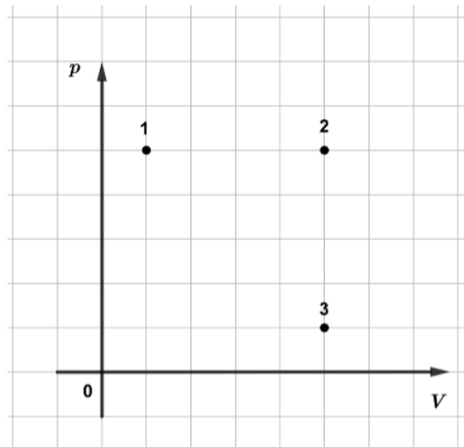


8. U zatvorenoj posudi s pomičnim klipom volumena  $V$  nalazi se idealni plin pod tlakom  $p$ . Volumen je nakon izotermnoga širenja plina za 50 % veći od volumena  $V$ . Za koliko se posto smanji tlak plina?

- A. za 33 %  
 B. za 45 %  
 C. za 50 %  
 D. za 67 %



9. Na slici je prikazan  $p, V$  graf za tri stanja idealnoga plina 1, 2 i 3. Svakomu stanju pripada unutarnja energija  $U_1, U_2$  i  $U_3$ .



U kakvu su međusobnom odnosu unutarnje energije plina?

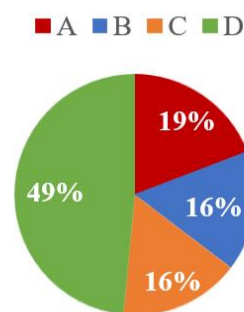
- A.  $U_1 = U_3 > U_2$
- B.  $U_1 = U_2 > U_3$
- C.  $U_2 = U_3 < U_1$
- D.  $U_1 = U_3 < U_2$

### 9.3. Zadaci iz elektromagnetizma

Godina 2017/2018.

8. Pločasti kondenzator s razmakom između ploča  $d$  spojen je na izvor napona. Kondenzator se zatim odvoji od izvora, a razmak između ploča se smanji. Koja će se od navedenih fizičkih veličina smanjiti pri približavanju ploča kondenzatora?

- A. električno polje između ploča
- B. kapacitet kondenzatora
- C. naboj na pločama kondenzatora
- D. razlika potencijala između ploča



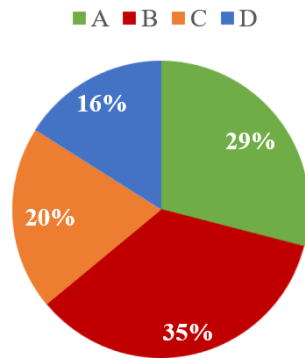
10. Homogenu metalnu žicu otpora  $R$  razrežemo na četiri jednaka dijela koje zatim međusobno paralelno spojimo. Koliki je ukupni otpor?

A.  $\frac{R}{16}$

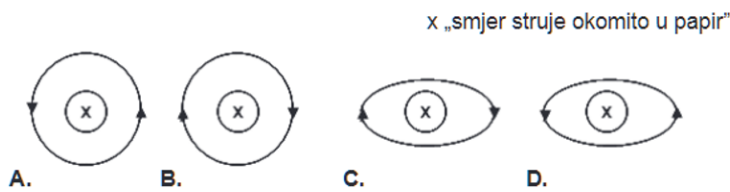
B.  $\frac{R}{4}$

C.  $R$

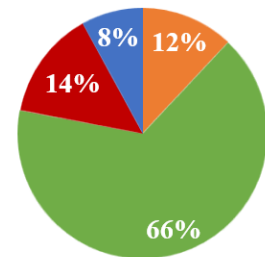
D.  $4R$



11. Koja od ponuđenih slika točno prikazuje silnicu magnetskoga polja oko ravnoga vodiča kojim prolazi struja okomito na ravninu papira?



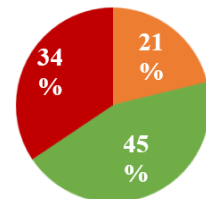
■ A ■ B ■ C ■ D



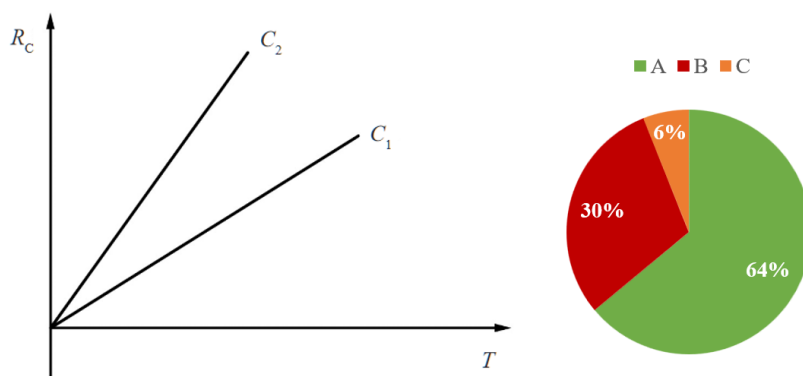
24. Učenik izvodi eksperiment tako da metalnoj neutralnoj kugli približi negativno nabijeni plastični štap pazeći da ne dotakne kuglu. Zatim dok je negativni štap i dalje u blizini kugle, negativno nabijenu stranu kugle kratko uzemlji. Kako će biti nabijena kugla ako se nakon toga prvo prekine uzemljenje, a zatim udalji negativno nabijeni štap?

- A. Bit će negativno nabijena.  
 B. Bit će pozitivno nabijena.  
 C. Ostatak će neutralna.

■ A ■ B ■ C



25. Na grafu je prikazana ovisnost kapacitivnoga otpora  $R_C$  o periodu  $T$  izmjenične struje za kondenzatore kapaciteta  $C_1$  i  $C_2$ . Koji je odnos kapaciteta  $C_1$  i  $C_2$ ?



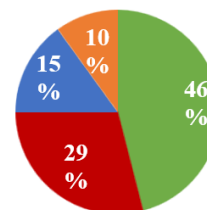
- A.  $C_1 > C_2$   
 B.  $C_1 < C_2$   
 C.  $C_1 = C_2$

Godina 2018/2019.

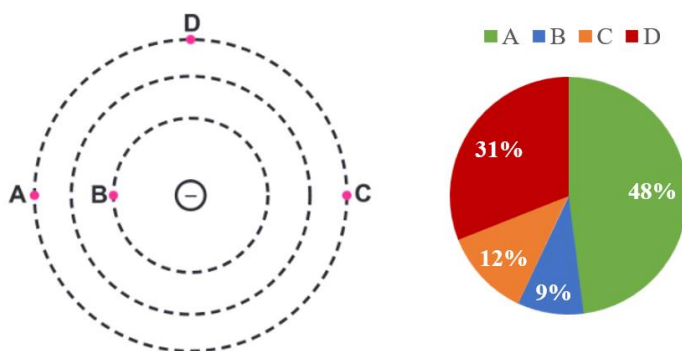
11. Ekvivalentni otpor četiriju jednakih serijski spojenih otpornika iznosi  $R$ . Koliki će biti ekvivalentni otpor sklopa ako iste otpornike spojimo paralelno?

- A.  $R/16$   
 B.  $R/4$   
 C.  $4R$   
 D.  $16R$

■ A ■ B ■ C ■ D



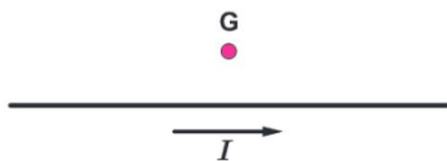
13. Na slici su prikazane ekvipotencijalne linije električnoga polja negativnoga naboja. Probnii naboj  $q$  premješta se između dviju od prikazanih točaka **A**, **B**, **C** i **D**.



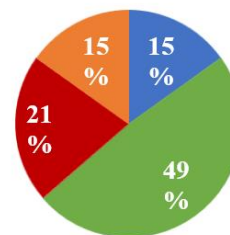
Koja od navedenih jednakosti vrijedi za odnos iznosa obavljenih radova pri premještanju probnoga naboja?

- A.  $W_{AB} = W_{BD}$   
 B.  $W_{BC} = W_{AC}$   
 C.  $W_{AB} = W_{AC}$   
 D.  $W_{BC} = W_{CD}$

14. Na slici je prikazan dio dugoga ravnog vodiča kojim prolazi električna struja  $I$ .



■ A ■ B ■ C ■ D



Koja je orijentacija vektora magnetske indukcije  $\vec{B}$  u točki  $G$ ?

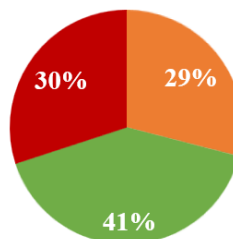
- A. prema dolje ↓
- B. iz ravnine papira ⊙
- C. prema gore ↑
- D. u ravninu papira ⊗

25. Struja prolazi kroz dva paralelna beskonačna vodiča u istome smjeru.

Koja je od navedenih tvrdnja točna?

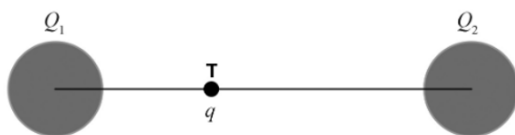
■ A ■ B ■ C

- A. Vodiči ne djeluju jedan na drugoga.
- B. Vodiči se međusobno privlače.
- C. Vodiči se međusobno odbijaju.

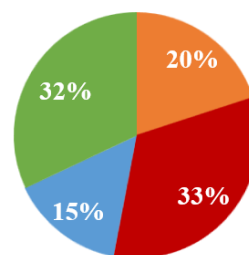


Godina 2019/2020.

10. Na spojnici dvaju točkastih naboja  $Q_1$  i  $Q_2$  smješten je u točki  $T$  treći naboj  $q$  kao što je prikazano na slici.



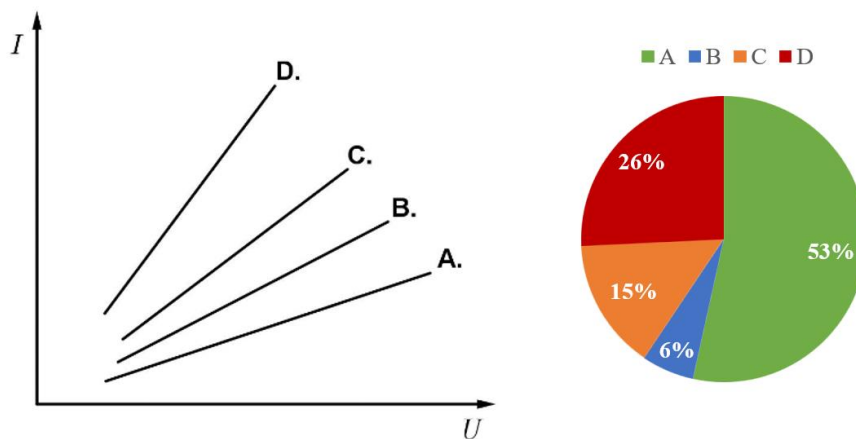
■ A ■ B ■ C ■ D



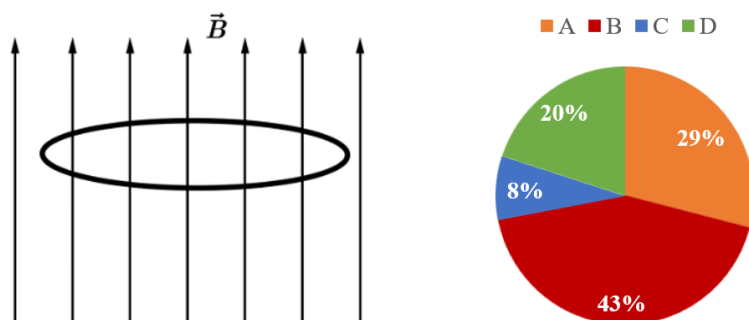
Kakvi su po predznaku i iznosu naboji  $Q_1$  i  $Q_2$  ako je ukupna sila na naboj  $q$  jednaka nuli?

- A. Naboji  $Q_1$  i  $Q_2$  imaju suprotne predznake i  $Q_1$  je veći po iznosu od  $Q_2$ .
- B. Naboji  $Q_1$  i  $Q_2$  imaju suprotne predznake i  $Q_2$  je veći po iznosu od  $Q_1$ .
- C. Naboji  $Q_1$  i  $Q_2$  imaju iste predznake i  $Q_1$  je veći po iznosu od  $Q_2$ .
- D. Naboji  $Q_1$  i  $Q_2$  imaju iste predznake i  $Q_2$  je veći po iznosu od  $Q_1$ .

13. Učenik je dobio eksperimentalni zadatak u kojemu je morao istražiti ovisnost struje o naponu. Dvama otpornicima koje je imao na raspolaganju koristio se na četiri načina. Svaki je otpornik spajao zasebno na izvor i mjerio je struju za različite vrijednosti napona. Zatim ih je spajao u seriju pa u paralelu i mjerio je struju za različite vrijednosti napona. Dobivene podatke za svako mjerenje spojio je pravcima i prikazao u  $I,U$  grafu. Koji od ponuđenih pravaca prikazuje serijski spoj otpornika?



14. Homogeno magnetsko polje stalnoga iznosa usmjereno je vertikalno prema gore. U tome se polju u slobodan pad pusti horizontalno postavljena petlja kao što je prikazano na slici. Koja je od navedenih tvrdnja istinita?

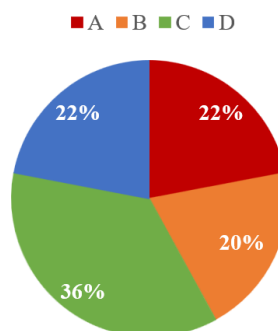
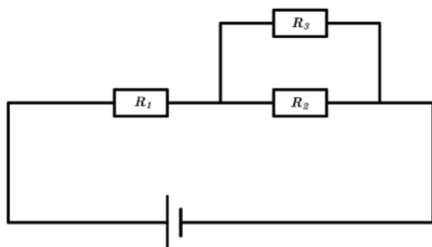


- A. U petlji se inducira struja u smjeru kazaljke na satu.  
 B. U petlji se inducira struja obrnuto od smjera kazaljke na satu.  
 C. Smjer inducirane struje u petlji mijenja se u vremenu.  
 D. U petlji nema inducirane struje.



Godina 2020/2021.

11. Na slici je prikazan spoj triju otpornika jednakih otpora koji spojeni imaju ekvivalentni otpor  $R$ . Koliki je ekvivalentni otpor otpornika kada se iz spoja ukloni otpornik  $R_3$ ?

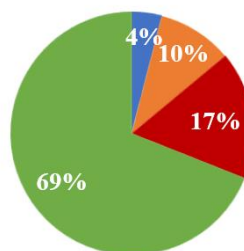


- A.  $\frac{1}{2}R$   
 B.  $\frac{3}{4}R$   
 C.  $\frac{4}{3}R$   
 D.  $\frac{3}{2}R$

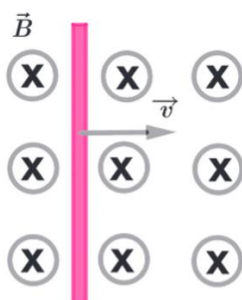
12. Kako se može povećati magnetska indukcija unutar zavojnice promjenom samo jedne veličine?

- A. smanjenjem struje kroz zavojnicu  
 B. smanjenjem broja namotaja zavojnice  
 C. povećanjem duljine zavojnice  
 D. dodavanjem željezne šipke unutar zavojnice

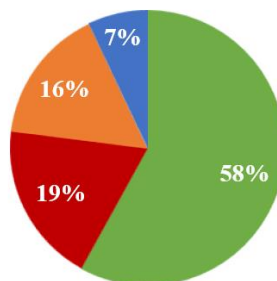
■ A ■ B ■ C ■ D



14. Na slici je prikazana metalna žica koja se giba u homogenome magnetskom polju.



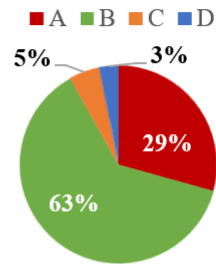
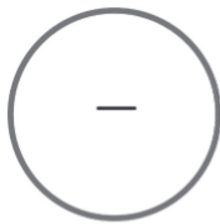
■ A ■ B ■ C ■ D



Što se događa s induciranim naponom na krajevima žice kada iznos brzine raste?

- A. Povećava se.  
 B. Smanjuje se.  
 C. Ostaje jednak.  
 D. Jednak je nuli.

15. Na slici je prikazana negativno nabijena metalna kugla.



Koje je orijentacije vektor elektrostatičkoga polja  $\vec{E}$  u točki T?

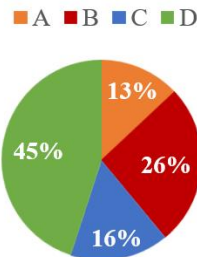
- A.  $\rightarrow$
- B.  $\leftarrow$
- C.  $\uparrow$
- D.  $\downarrow$

#### 9.4. Zadaci iz titranja, valova i optike

Godina 2017/2018.

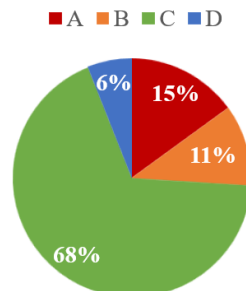
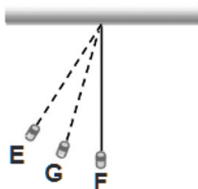
12. Tijelo ovješeno na elastičnu oprugu harmonijski titra. Koja je od navedenih tvrdnja točna za brzinu i akceleraciju tijela u amplitudnome položaju?

- A. Brzina i akceleracija su maksimalne.
- B. Brzina i akceleracija su nula.
- C. Brzina je maksimalna, a akceleracija je nula.
- D. Brzina je nula, a akceleracija je maksimalna.



13. Na slici je prikazano matematičko njihalo koje se sastoji od tijela mase  $m$  i nerastezljive niti duljine  $l$ . Njihalo harmonijski titra oko ravnotežnoga položaja F i postiže amplitudni položaj u točki E.

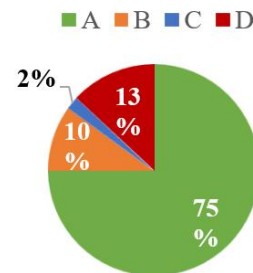
Koja je od navedenih tvrdnja o kinetičkoj energiji njihala točna?



- A. Njihalo ima najveću kinetičku energiju u položaju E.
- B. Njihalo ima najveću kinetičku energiju u položaju G.
- C. Njihalo ima najveću kinetičku energiju u položaju F.
- D. Njihalo ima jednaku kinetičku energiju u položajima E, F i G.

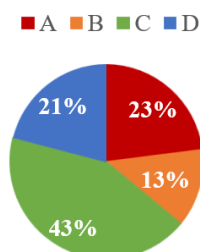
15. Hitna pomoć projuri pokraj mirnoga opažatelja s uključenom zvučnom sirenom. Koja je od navedenih tvrdnja točna za frekvenciju zvuka koju čuje opažatelj?

- A. Povećava se kad se hitna pomoć približava, a smanjuje kad se udaljava.  
 B. Smanjuje se kad se hitna pomoć približava, a povećava kad se udaljava.  
 C. Povećava se kada se hitna pomoć približava i udaljava.  
 D. Ne mijenja se kada se hitna pomoć približava i udaljava.



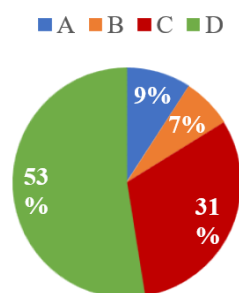
16. Predmet se nalazi na udaljenosti od konveksnoga zrcala koja je jednaka radijusu zakrivljenosti zrcala. Kakva je slika nastala?

- A. realna i obrnuta  
 B. realna i uspravna  
 C. virtualna i uspravna  
 D. virtualna i obrnuta



17. Učenik je izveo eksperiment u kojemu je laserski snop svjetlosti usmjerio na tanku vlas kose i promatrao nastalu sliku na zastoru. Koja se fizička pojava može dokazati tim eksperimentom?

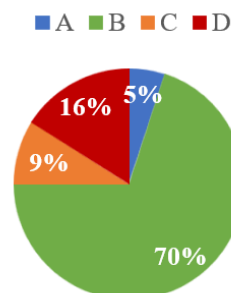
- A. polarizacija svjetlosti  
 B. fotoelektrični učinak  
 C. disperzija svjetlosti  
 D. ogib svjetlosti



Godina 2018/2019.

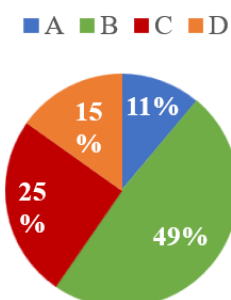
15. Harmonijski oscilator sastoji se od utega pričvršćenoga na oprugu koji neprigušeno titra. Početna energija oscilatora iznosi 10 J. Kolika je elastična potencijalna energija sustava kada uteg prolazi kroz ravnotežni položaj?

- A. -10 J  
 B. 0 J  
 C. 5 J  
 D. 10 J



17. U baterijskoj svjetiljci upotrebljava se konkavno zrcalo. Gdje u svjetiljci treba postaviti žaruljicu kako bi nastao paralelan snop svjetlosti?

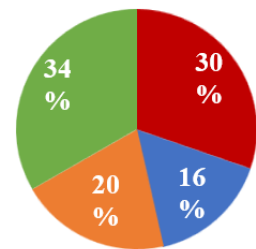
- A. u tjeme zrcala  
 B. u žarište zrcala  
 C. u centar zakrivljenosti zrcala  
 D. u točku koja se nalazi na polovini žarišne daljine zrcala



19. Jedna leća ima jakost  $j_1 = 1 \text{ m}^{-1}$ , a druga  $j_2 = -1 \text{ m}^{-1}$ . Koja je od navedenih tvrdnja točna?

■ A ■ B ■ C ■ D

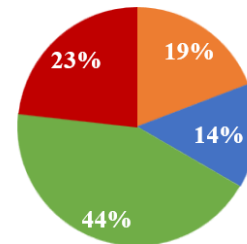
- A. Leća jakosti  $j_1$  daje uvijek uvećane slike, a leća jakosti  $j_2$  daje uvijek umanjene slike.  
 B. Leća jakosti  $j_1$  daje uvijek umanjene slike, a leća jakosti  $j_2$  daje uvijek uvećane slike.  
 C. Leća jakosti  $j_1$  daje uvijek uspravne slike, a leća jakosti  $j_2$  daje i uspravne i obrnute slike.  
 D. Leća jakosti  $j_1$  daje i uspravne i obrnute slike, a leća jakosti  $j_2$  daje uvijek uspravne slike.



20. Što od navedenoga dokazuje da je svjetlost transverzalni val?

■ A ■ B ■ C ■ D

- A. ogib svjetlosti  
 B. disperzija svjetlosti  
 C. polarizacija svjetlosti  
 D. interferencija svjetlosti

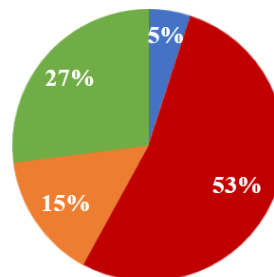


Godina 2019/2020.

15. Tijelo ukupne energije  $E$  titra na opruzi oko ravnotežnoga položaja ( $x = 0$ ) s amplitudom  $A$ . Koliko iznosi kinetička energija tijela kada se tijelo nalazi na udaljenosti  $x = \frac{1}{2} A$ ?

■ A ■ B ■ C ■ D

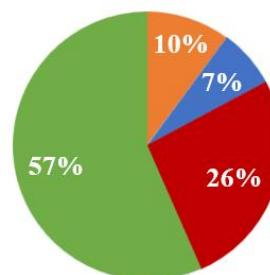
- A.  $\frac{1}{3} E$   
 B.  $\frac{1}{2} E$   
 C.  $\frac{2}{3} E$   
 D.  $\frac{3}{4} E$



18. Učenik izvodi eksperiment u kojemu laserski snop svjetlosti usmjeri na tanku vlas kose i promatra nastalu sliku na zastoru. Koja se fizička pojava može dokazati tim eksperimentom?

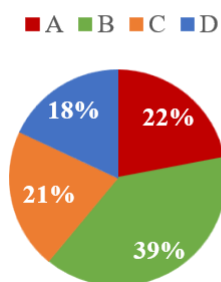
■ A ■ B ■ C ■ D

- A. polarizacija svjetlosti  
 B. fotoelektrični učinak  
 C. disperzija svjetlosti  
 D. ogib svjetlosti



19. Tijelo mase  $m$  ovješeno je na opruzi, povučeno iz ravnotežnoga položaja i u trenutku  $t = 0$  pušteno da titra. Frekvencija kojom tijelo titra jest  $f$ . Nakon koliko vremena tijelo prolazi drugi put kroz ravnotežni položaj?

- A.  $1/(4f)$   
 B.  $3/(4f)$   
 C.  $4/(3f)$   
 D.  $4/f$

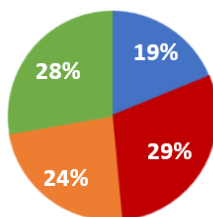


20. Osnovna frekvencija stojnoga vala na napetoj žici učvršćenoj na obama krajevima iznosi 340 Hz. Kolika je frekvencija prikazanoga stojnog vala nastalog na istoj žici?



- A. 68 Hz  
 B. 340 Hz  
 C. 850 Hz  
 D. 1700 Hz

■ A ■ B ■ C ■ D

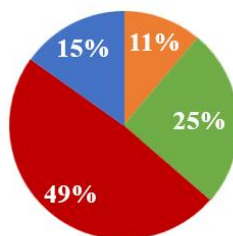


Godina 2020/2021.

16. Tijelo mase  $m$  pričvršćeno je na elastičnu oprugu i harmonijski titra amplitudom  $A$ . Kolika je ukupna energija titranja sustava ako se masa tijela poveća tri puta, a amplituda titranja ostane jednaka?

- A. tri puta manja  
 B. jednaka kao i prije  
 C. tri puta veća  
 D. devet puta veća

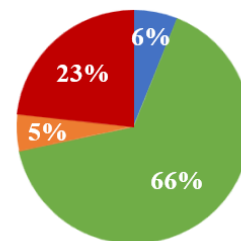
■ A ■ B ■ C ■ D



17. Koji od navedenih primjera sadrži isključivo mehaničke valove?

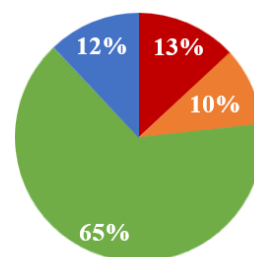
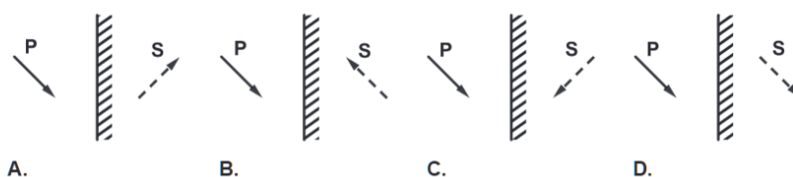
■ A ■ B ■ C ■ D

- A. zvuk, svjetlost, val na površini vode
- B. zvuk, val na površini vode, potresni val
- C. svjetlost, mikrovalovi, val na žici gitare
- D. radiovalovi, val na žici gitare, mikrovalovi



18. Koji crtež prikazuje virtualnu sliku **S** koja nastaje kada predmet **P** stavimo ispred ravnoga zrcala?

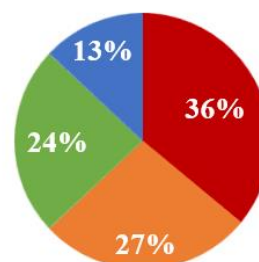
■ A ■ B ■ C ■ D



19. Kako se od nepolarizirane svjetlosti može dobiti potpuno polarizirana svjetlost?

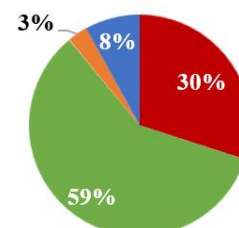
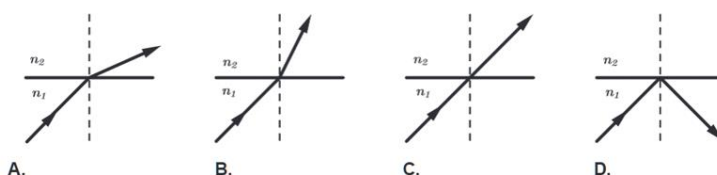
■ A ■ B ■ C ■ D

- A. lomom na optičkoj prizmi
- B. ogibom na optičkoj rešetki
- C. refleksijom na površini vode
- D. refleksijom na zrcalu



20. Na slici je prikazan prolazak svjetlosti iz optičkoga sredstva indeksa loma  $n_1$  u optičko sredstvo indeksa loma  $n_2$ . Koja od ponuđenih slika ispravno prikazuje prolazak svjetlosti ako je  $n_1 < n_2$ ?

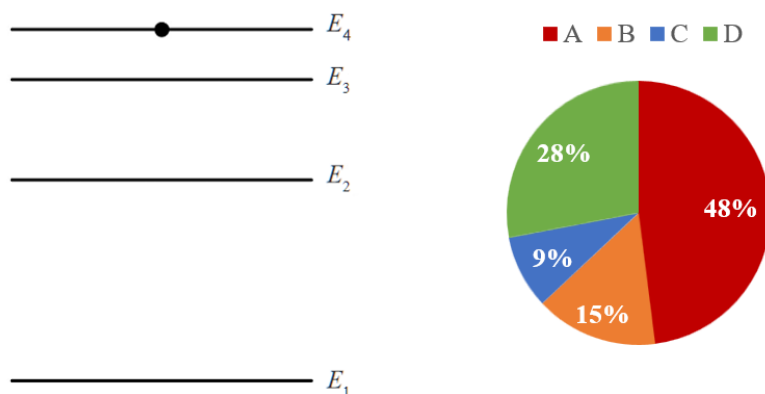
■ A ■ B ■ C ■ D



## 9.4. Zadaci iz moderne fizike

Godina 2017/2018.

19. Na slici su prikazane energijske razine atoma nekoga elementa. Elektron prelazi iz energijskoga stanja  $E_4$  u stanje  $E_1$ , pri čemu su svi prijelazi između razina dopušteni. Koliko različitih fotona s obzirom na valnu duljinu atom može pritom emitirati?

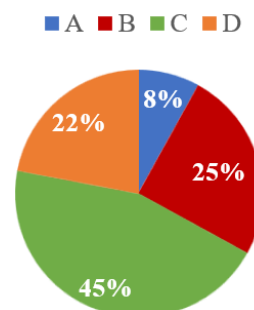


- A. 3  
B. 4  
C. 5  
D. 6

Godina 2018/2019.

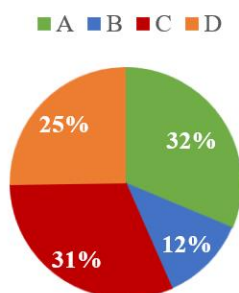
21. Ako se elektroni u atomima vodika nalaze na energijskoj razini  $n = 4$ , koliki je maksimalni broj različitih fotona koji se mogu emitirati pri prijelazu takvih atoma u osnovno stanje ako su svi prijelazi dopušteni?

- A. 1  
B. 4  
C. 6  
D. 8



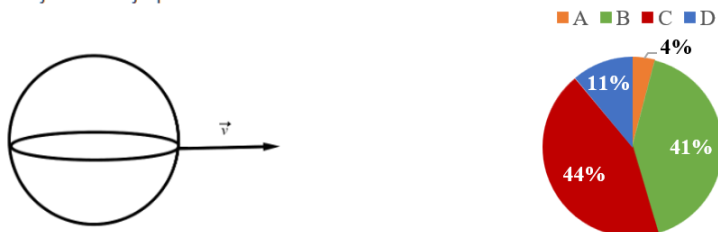
23. Dva radioaktivna uzorka **B** i **C** imaju jednaku početnu aktivnost. Vrijeme poluraspada uzorka **B** iznosi šest sati, a uzorka **C** jedan dan. Koliki je omjer aktivnosti  $A_B : A_C$  tih dvaju uzoraka nakon dva dana?

- A.  $A_B : A_C = 1 : 64$   
B.  $A_B : A_C = 64 : 1$   
C.  $A_B : A_C = 1 : 16$   
D.  $A_B : A_C = 16 : 1$

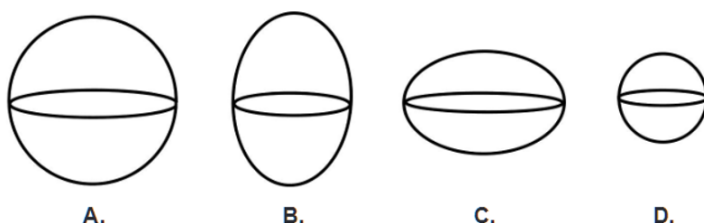


Godina 2019/2020.

22. Svemirski brod u obliku kugle giba se brzinom  $0,95c$  u odnosu na promatrača na Zemlji kao što je prikazano na slici.



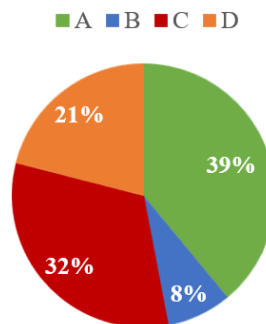
Koji oblik svemirskoga broda mjeri promatrač sa Zemlje?



Godina 2020/2021.

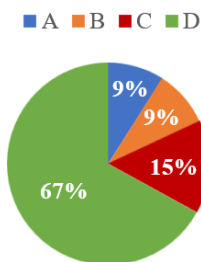
22. Koja je od navedenih tvrdnja točna za Bohrov model atoma?

- A. Elektron je najviše vezan za jezgru ako se nalazi u osnovnome stanju.  
 B. Elektron je najviše vezan za jezgru ako se nalazi na energijskoj razini atoma  $n = 4$ .  
 C. Elektron koji se nalazi u osnovnome stanju ima potencijalnu energiju  $E_p = -13,6 \text{ eV}$ .  
 D. Elektron koji se nalazi u osnovnome stanju ima kinetičku energiju  $E_k = -13,6 \text{ eV}$ .



23. Što se emitira pri gama-raspadu?

- A. jezgre helija  
 B. brzi elektroni  
 C. pozitroni  
 D. elektromagnetski valovi



24. Žarulja emitira elektromagnetske valove pri temperaturi od  $3000 \text{ K}$ . Kojemu dijelu spektra elektromagnetskoga zračenja pripada valna duljina kojoj odgovara maksimalna energija zračenja žarulje? Pretpostavite da žarulja zrači kao apsolutno crno tijelo.

- A. infracrvenomu  
 B. vidljivomu  
 C. ultraljubičastomu

