

Analiza učničkih poteškoća na državnoj maturi iz fizike

Mihin, Petar

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:802091>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-03**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
FIZIČKI ODSJEK

Petar Mihin

Analiza učeničkih poteškoća na državnoj maturi iz
Fizike

Diplomski rad

Zagreb, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
FIZIČKI ODSJEK

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

Petar Mihin

Diplomski rad

Analiza učeničkih poteškoća na državnoj maturi iz
Fizike

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

Ocjena diplomskog rada: _____

Povjerenstvo: 1. _____

2. _____

3. _____

Datum polaganja: _____

Zagreb, 2023.

Sažetak

Državna matura je standardizirani nacionalni ispit koji se piše na kraju srednjoškolskog obrazovanja. Ispit državne mature iz Fizike, koji svake godine piše od 6000 do 9000 učenika može poslužiti kao jedan od najboljih raspoloživih pokazatelja učeničkog znanja fizike u Republici Hrvatskoj.

U ovom će se radu na temelju podataka uzetih sa stranica NCVVO-a identificirati i analizirati pogreške koje učenici čine u zadacima iz fizike. Zadaci će biti podijeljeni prema tipu, kategorijama, područjima fizike i Webbovim kognitivnim razinama te će se provesti frekvencijska analiza njihovih riješenosti.

U radu će biti prokomentirani i primjeri zadataka koji najbolje predstavljaju kategorije i područja fizike čije znanje ispituju te će se kroz te zadatke ukazati na učenička znanja, ali i moguće poteškoće u razumijevanju koje ih potiču na krivi odgovor.

Pokušat će se dati razlozi koji objašnjavaju riješenost zadataka po zadanim cjelinama te pružiti smjernice za nastavu fizike koja može voditi do boljih rezultata učenika na ispitu državne mature iz Fizike.

Ključne riječi: Državna matura, fizika, konceptualne poteškoće, poučavanje fizike

Analysis of students' difficulties at the national exam in Physics

Abstract

The national matriculation examination Matura is a standardised national secondary exit exam that students take at the end of their secondary education. The Physics Matura exam, annually taken by anything between 6000 and 9000 students, can be considered one of the best available indicators of secondary school students' knowledge of physics in the Republic of Croatia.

This thesis will try to identify and analyse mistakes made by students in physics problems, on the basis of data obtained from the web pages of NCVVO (National Center for External Evaluation of Education). The problems will be divided by types, categories, areas of physics and Webb's levels of knowledge, and a frequency analysis of solved problems will be performed.

The thesis will also contain commentary on examples of problems that best represent categories and areas of physics that are being assessed, and through these the thesis will highlight student knowledge, but also possible conceptual difficulties that lead them towards the wrong answer.

The thesis will attempt to give reasons that explain the frequency of solved problems divided by material units and will provide guidelines for physics teaching which can improve students' results on the Physics Matura exam.

Keywords: National matriculation exam, physics, conceptual difficulties, physics teaching

Sadržaj

1. Uvod	4
1.1. Državna matura	4
2. Državna matura iz Fizike.....	6
2.1. Osnovni podaci o pristupnicima i općim rezultatima državne mature iz Fizike	6
2.2. Struktura i karakteristike ispita iz Fizike.....	7
2.3. Riješenost ispita u cjelini.....	8
3. Usporedba s državnom maturom iz Kemije	13
4. Metodologija.....	17
4.1. Način provođenja istraživanja	17
5. Rezultati.....	19
6. Primjeri zadataka	25
6.1. Analiza po težini.....	25
6.2. Analiza po područjima	29
6.3. Analiza po kategorijama	38
6.4. Analiza po Webbovim razinama	42
7. Zaključci i implikacije za nastavu	44
8. Literatura	49

1. Uvod

1.1. *Državna matura*

Državna matura je standardizirani nacionalni ispit koji se piše na kraju srednjoškolskog obrazovanja te je prvi puta provedena u Republici Hrvatskoj školske godine 2009./2010. Od te godine provodi se na kraju svake školske godine [1].

Državna matura provjerava i vrednuje znanja i sposobnosti učenika koja su stekli tijekom obrazovanja u skladu s propisanim programima i nastavnim planovima.

Na temelju rezultata državne mature, objektivno se ocjenjuje znanje učenika te se pojedinac može rangirati i uspoređivati s ocjenama drugih učenika u Republici Hrvatskoj. Na temelju tih rezultata visoka učilišta u Republici Hrvatskoj i u inozemstvu biraju učenike i omogućuju im nastavak školovanja.

Nacionalni centar za vanjsko vrednovanje i obrazovanje surađuje sa školama te priprema i provodi ispite državne mature.

Sadržaj i uvjeti polaganja državne mature te sam ispit propisani su Pravilnikom o polaganju državne mature.

Ukoliko učenici pohađaju gimnaziju, ispiti državne mature iz Hrvatskog jezika, stranog jezika i Matematike obavezni su nakon četvrtog razreda. Polaganje ispita državne mature za ostale učenike srednjih škola je neobavezno, osim ukoliko ne žele nastaviti svoje školovanje na visokoškolskim ustanovama.

Državna matura je za obrazovanje u Republici Hrvatskoj bitna, jer je njena prednost da svi učenici pristupaju istom standardiziranom ispitu, a ujedno se može smatrati i istraživanjem na najvećoj skali u Republici Hrvatskoj zbog velikog broja pristupnika. Zbog te se činjenice može relativno pouzdano koristiti kao izvor informacija o učeničkom znanju fizike u Republici Hrvatskoj, barem za one učenike koji pristupe ispitu iz Fizike na državnoj maturi. Neki nedostaci ispita državne mature su da se jednim ispitom ne može u potpunosti ispitati znanje ispitanika, da svim učenicima takav oblik pisanog ispita ne odgovara te da postoji veliki stres pristupnika zbog činjenice da je ispit jednom godišnje.

Za sve maturante obavezni su ispiti iz Matematike, Hrvatskog jezika te stranog jezika. Ispiti u obaveznom dijelu državne mature polažu se na jednoj od dviju razina: višoj (A) ili osnovnoj (B) razini.

Na državnu maturu iz Fizike izlaze oni učenici koji su odabrali fakultete koji traže da pristupnici imaju položen ispit državne mature iz Fizike ili ga dodatno vrednuju pri upisu. Može se zbog toga pretpostaviti da ostatak maturanata Fiziku vjerojatno ne zna mnogo bolje od učenika koji su odabrali pisati ispit državne mature iz Fizike. Kada bi postojao neki obavezan ispit za sve maturante, rezultati takvog istraživanja bili bi pouzdaniji za analizu znanja Fizike učenika u Republici Hrvatskoj. Svejedno je broj pristupnika državnoj maturi iz Fizike jako velik, između 6000 i 9000 pristupnika svake godine te podaci sigurno nisu zanemarivi izvor informacija.

Ovo je istraživanje provedeno pomoću podataka iz izvještaja o rezultatima ispita državnih matura sa stranica Nacionalnog centra za vanjsko vrednovanje i obrazovanje (NCVVO) [2-15]. U dokumentima o Statističkoj i psihometrijskoj analizi ispita iz šk. god. 2020.-2021., 2019.-2020., 2018.-2019., 2017.-2018., 2010.-2011. te 2009.-2010. nalaze se podaci o riješenosti svakog pojedinog zadatka iz mature iz Fizike s postotcima osvojenih bodova na zadacima proširenog odgovora te zastupljenosti odgovora po distraktorima na zadacima zatvorenog tipa. Ostali ispiti državne mature iz Fizike nisu se mogli analizirati zbog toga što se u izvještajima o njima ne nalaze svi relevantni podaci za ovakvu analizu.

Za analizu su se koristili samo podaci ispita ljetnog roka zbog toga što je na ljetnom roku mnogo više sudionika nego na jesenskom roku te su rezultati ispita vjerodostojniji za opću populaciju, jer učenici s dobrim rezultatom, s kojim su zadovoljni, biraju fakultet na ljetnom roku te ne izlaze na jesenski rok.

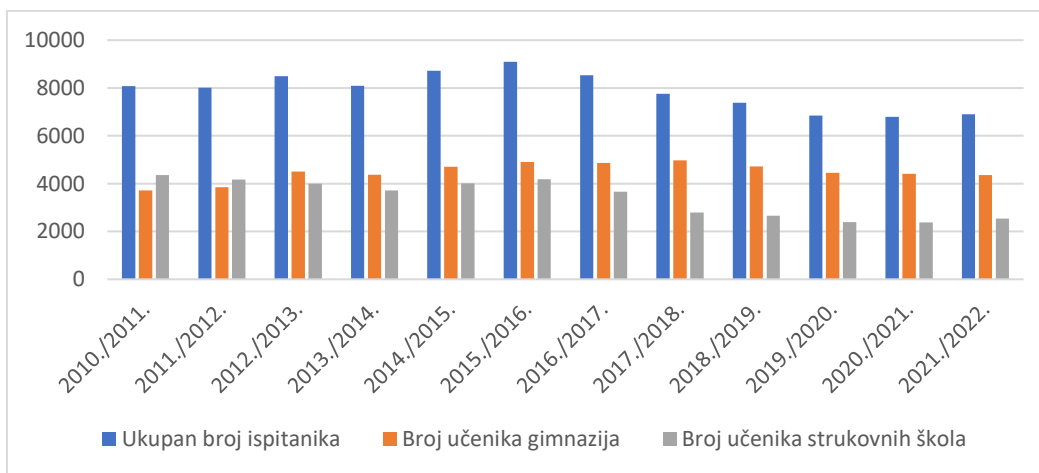
Cilj je ovoga rada istražiti mogu li se naći određeni uzorci učeničkih grešaka, koje tipove i kategorije zadataka učenici bolje rješavaju, a koje lošije i kako te informacije mogu pomoći nastavnicima da svoje učenike bolje pripreme za ispit mature te koje su njihove posljedice za nastavu Fizike.

2. Državna matura iz Fizike

2.1. Osnovni podaci o pristupnicima i općim rezultatima državne mature iz Fizike

Prema podacima NCVVO [2-15], oko 30% svih maturanata pristupa ispitu Fizike na državnoj maturi u RH te je ona time uvijek među tri najčešće odabrana predmeta od svih izbornih predmeta.

Državnoj maturi iz Fizike pristupa između 6000 i 9000 maturanata svake godine, a kretanje broja pristupnika po godinama može se vidjeti na Slici 1.



Slika 1. Kretanje ukupnoga broja pristupnika, broja gimnazijalaca i broja učenika strukovnih škola na državnoj maturi iz Fizike

U prvim je godinama provođenja državne mature udio učenika iz gimnazija te strukovnih škola bio podjednak, ali u zadnjih nekoliko godina udio gimnazijalaca raste, te je iznosio oko 65% zadnje 4 godine. Udio učenika iz strukovnih škola se postepeno smanjuje te zadnjih nekoliko godina iznosi oko 35%. Iz strukovnih škola najviše je učenika iz podgrupe strukovnih škola elektrotehničkog usmjerenja. Kroz godine se uočava trend da državnoj maturi iz Fizike pristupa sve manje maturanata.

2.2. Struktura i karakteristike ispita iz Fizike

Prema Ispitnome katalogu državne mature iz Fizike pristupnici dobivaju sigurnosnu vrećicu s ispitnim materijalima među kojima se nalazi prva ispitna knjižica sa zadacima višestrukog izbora te druga ispitna knjižica u kojoj se nalaze zadaci otvorenog tipa. Dobiva se knjižica s formulama, list za odgovore te listovi za koncept koji se ne boduju. U zadacima zatvorenog tipa pristupnik mora označiti točan odgovor na listu za odgovore znakom X. U zadacima otvorenog tipa pristupnik upisuje točan odgovor (i postupak) u ispitnoj knjižici.

Ukoliko pristupnik pogriješi, treba precrtati netočan odgovor, staviti ga u zagradu te napisati točan odgovor i skraćeni potpis (nikako puno ime i prezime) pored točnog odgovora

Ispit traje 180 minuta bez stanke. Pristupnicima je dopušteno korištenje kemijske olovke s plavom ili crnom tintom, jedno ravnalo ili trokut te džepno računalo [18].

U Ispitnom katalogu je točno propisan bodovni udio po područjima ispitivanja te broj zadataka otvorenog i zatvorenog tipa što se može vidjeti u Tablici 1.

Područje ispitivanja	Bodovni udio	Zadaci zatvorenog tipa	Zadaci otvorenog 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
Ukupno	100%	25	12

Tablica 1. Sadržaj ispita državne mature iz Fizike, prilagođeno prema [14]

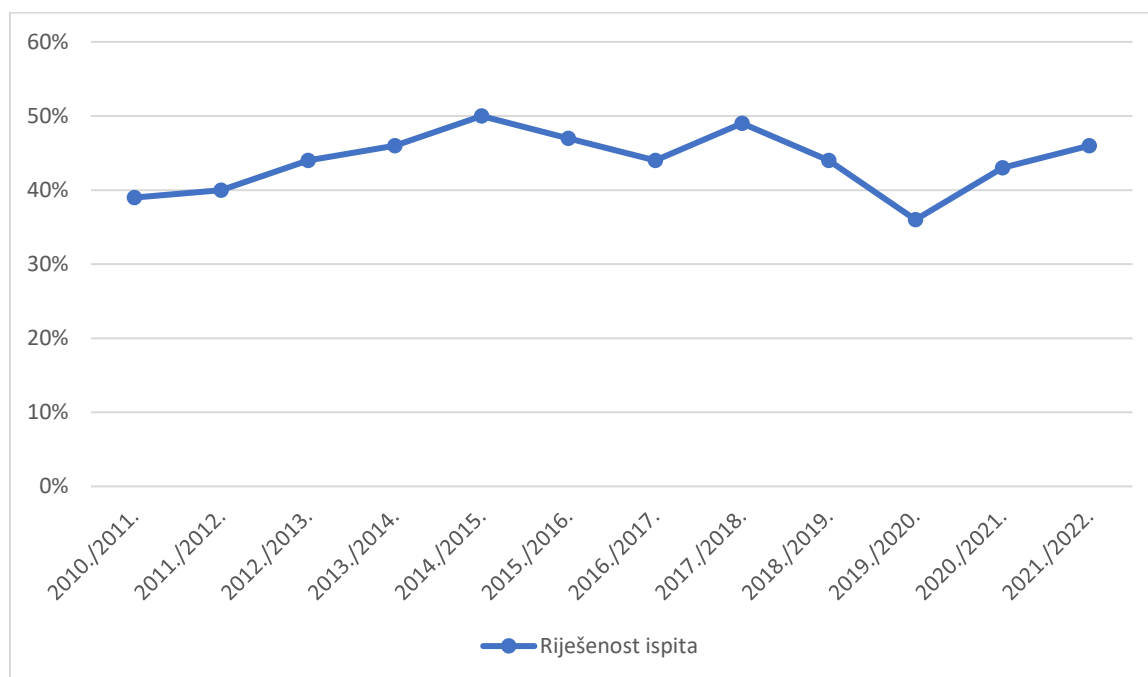
U ispitu državne mature iz Fizike se do 2017. godine nalazilo 24 zadatka višestrukog izbora, na kojima se moglo osvojiti 60% ukupnih bodova ispita, i 11 numeričkih zadataka otvorenog tipa, na kojima se moglo osvojiti 40% bodova. Od 2017. godine to se promijenilo na način da je ispit

sadržavao 25 zadataka zatvorenog tipa (višestrukog izbora) te se na njima moglo osvojiti 42% ukupnog broja bodova te 12 zadataka otvorenog tipa, na kojima se moglo osvojiti 58% ukupnog broja bodova.

Na ispitu državne mature iz Fizike godine 2022.-2023. napravljena je opet promjena te se sada u njoj nalazi 24 zadatka višestrukog izbora, koji donose 40% ukupnog broja bodova, te 11 zadataka otvorenog tipa, koji donose 60% ukupnog broja bodova ispita.

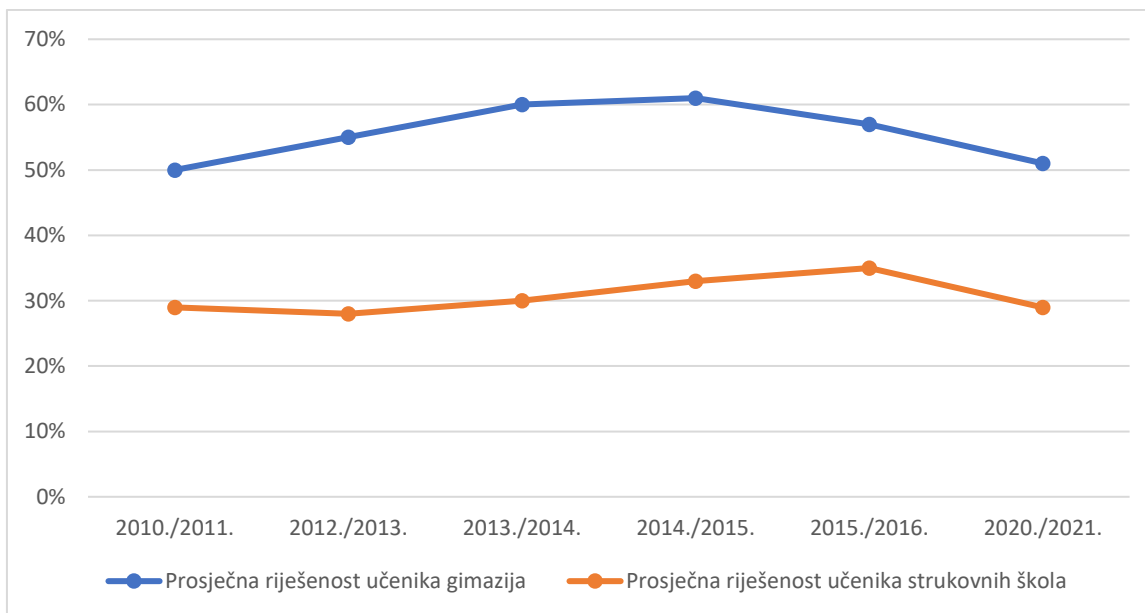
2.3. Riješenost ispita u cjelini

Na Slici 2 prikazano je kretanje postotka riješenosti ispita državne mature iz Fizike kroz godine.



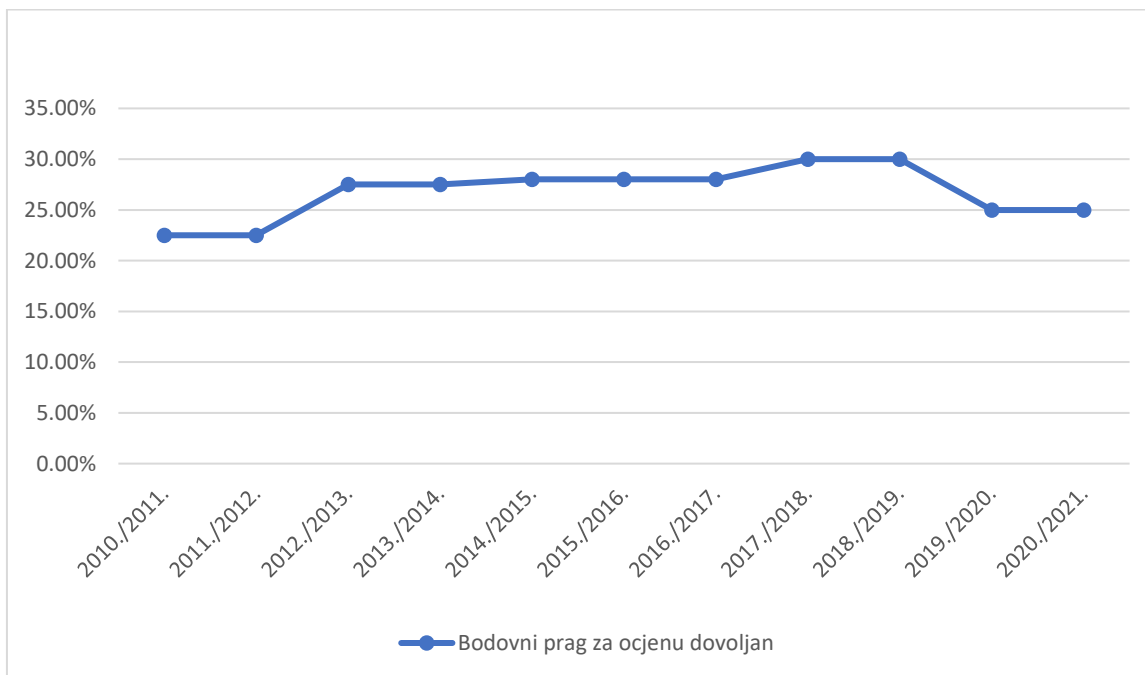
Slika 2. Postotak prosječno ostvarenih bodova na ispitima državne mature iz Fizike kroz godine

Učenici gimnazijskih programa ostvaruju bolje rezultate riješenosti zadataka na maturi za 20%-30% od učenika strukovnih škola, što se vidi na Slici 3. Podaci ne postoje za godine koje nisu navedene u grafičkom prikazu.



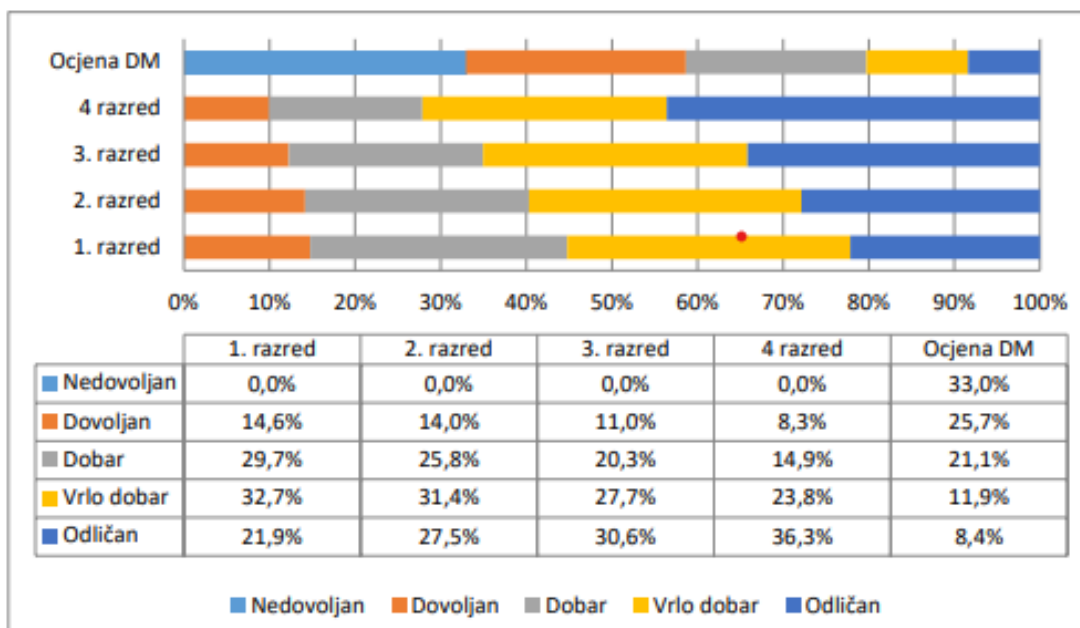
Slika 3. Prosječna riješenost ispita državne mature za učenike gimnazija te učenike strukovnih škola za godine za koje postoje podaci

Na ispitu državne mature iz Fizike bodovni prag za ocjenu dovoljan mijenja se iz godine u godinu te se kretao između 22,5% ostvarenih bodova te 30% ostvarenih bodova što se vidi na Slici 4.



Slika 4. Bodovni prag za ocjenu dovoljan kroz godine na ispitu državne mature iz Fizike kroz godine

Na Slici 5 nalazi se raspodjela ocjena na ispitu državne mature iz Fizike te raspodjela zaključenih školskih ocjena iz Fizike godine 2018.-2019. Podaci su slični iz godine u godinu, odabrana je ova godina za komentiranje, kao tipičan primjer.

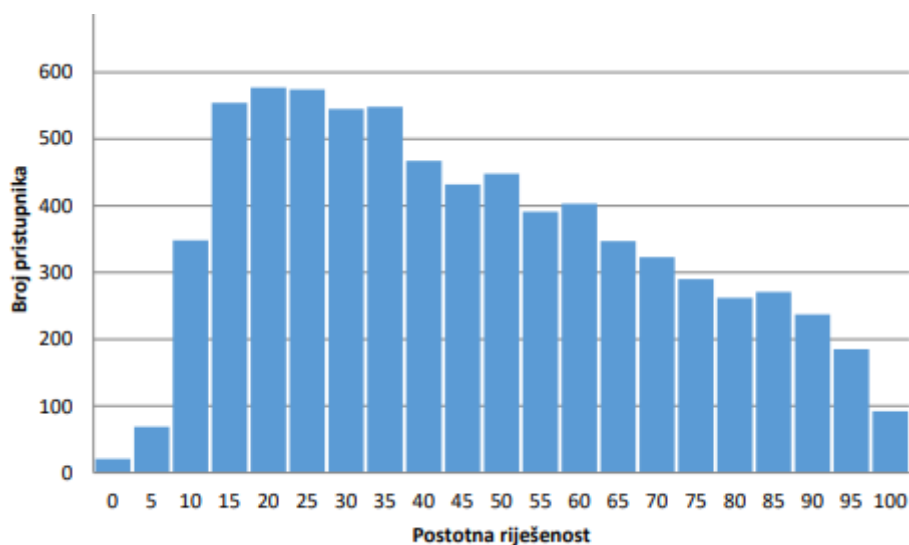


Slika 5. Raspodjela ocjena na ispitu državne mature iz Fizike te raspodjela zaključenih školskih ocjena iz Fizike u godini 2018./2019., preuzeto iz [4]

Zbroj udjela ocjena nedovoljan (1) i dovoljan (2) zabrinjavajuće je velik svake godine, iznosi između 50% i 70% te je on veći nego kod drugih sličnih ispita državne mature (između 35% i 55% za Kemiju te između 40% i 65% za Biologiju). S druge strane, udio ocjena vrlo dobar (4) i odličan (5) tipično je između 20% i 25% što je slično ili malo bolje u usporedbi s drugim sličnim maturama (između 15% i 30% za Kemiju te između 5% i 25% za Biologiju).

Također se na Slici 5 vidi da nastavnici Fizike u redovnoj nastavi zaključuju mnogo više ocjene nego što učenici postignu na ispitu državne mature iz Fizike.

Na Slici 6 prikazana je raspodjela riješenosti, koju možemo uzeti kao tipičnu raspodjelu.



Slika 6. Distribucija ukupnih rezultata na ispitu državne mature iz Fizike po postotnim razredima, za godinu 2018./2019., preuzeto iz [4].

Distribucija rezultata može upućivati na težinu ispita gledajući vrh distribucije. Distribucija rezultata je pozitivno asimetrična, što pokazuje pomicanje aritmetičke sredine ukupnih postotnih rezultata prema manjim vrijednostima. Cronbachov alfa - koeficijent govori o pouzdanosti ispita, kroz testiranje njegove unutarne konzistentnosti. On pokazuje prosječnu korelaciju među svim zadacima te je po svojoj naravi između vrijednosti 0 i 1. Što je on veći, pouzdanost ispita je veća te se gleda da u ispitima visokog rizika, poput državne mature, iznosi barem 0.9. Na ispitima državne mature iz Fizike tipično iznosi između 0.90 i 0.95, što je zadovoljavajuće zbog relativno malog broja zadataka u ispitu. Da je zadataka više, vrijednost bi bila veća, te je za 35 zadataka vrijednost Cronbach alfa – koeficijenta zadovoljavajuća za ispit državne mature. Diskriminativnost je obilježje ispita koje govori o tome u kojoj mjeri ispit ukazuje na razlike među pristupnicima. Učenici koji postižu bolje rezultate u visoko diskriminativnim zadacima, postižu i bolje rezultate u cijelom ispitu. Diskriminativnost se izražava koeficijentom diskriminativnosti, kao korelacija rezultata pristupnika na pojedinom zadatku te njihovog ukupnog rezultata na ispitu, a na dobro konstruiranom ispitu ne bi smjelo biti više od 20% zadataka s koeficijentom diskriminativnosti manjim od 0.2. Ispiti državne mature iz Fizike tipično imaju vrijednost koeficijenta diskriminativnosti oko 0.5, što upućuje na zaključak da dobro razlikuju pristupnike prema znanju. U ispitu ipak nedostaju zadaci koji bi dobro razlikovali učenike koji mnogo znaju te one koji vrlo malo znaju, to jest, čija bi riješenost bila

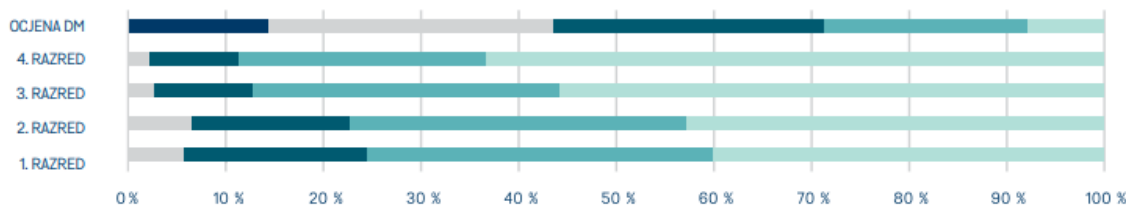
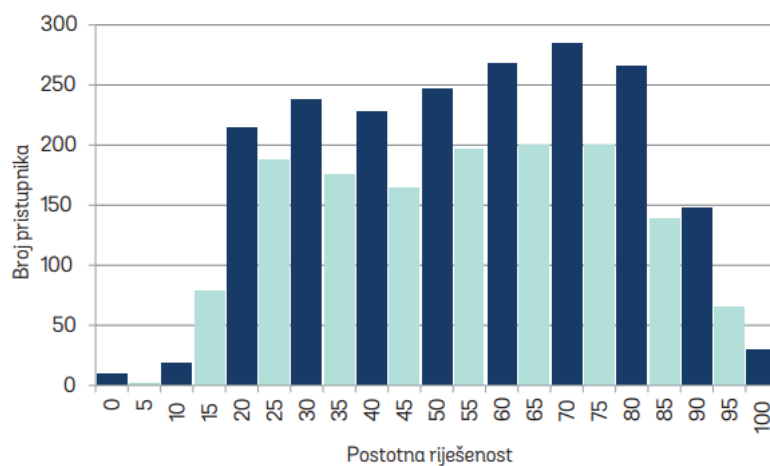
manja od 10% ili veća od 90%. Većina zadataka ima riješenost između 35% i 65% te prema tome spadaju u klasifikaciju srednje teških zadataka (zadatak se smatra laganim ako ima riješenost veću od 70%, srednje teškim ako ima riješenost između 30% i 70%, te teškim ako ima riješenost ispod 30%). Nakon toga najviše je teških zadataka, a najmanje laganih zadataka.

3. Usporedba s državnom maturom iz Kemije

Sličnosti između državnih matura iz Fizike i Kemije su te da su oba ispita izborni predmeti, oba su prirodoslovni predmeti, imaju velik broj pristupnika, a slični su i po strukturi. Prvi dio obje mature su zadaci zatvorenog tipa višestrukog izbora, a u drugom se dijelu nalaze zadaci otvorenog tipa.

Kao primjer tipičnog ispita iz Kemije uzet ću podatke mature iz godine 2020./2021.

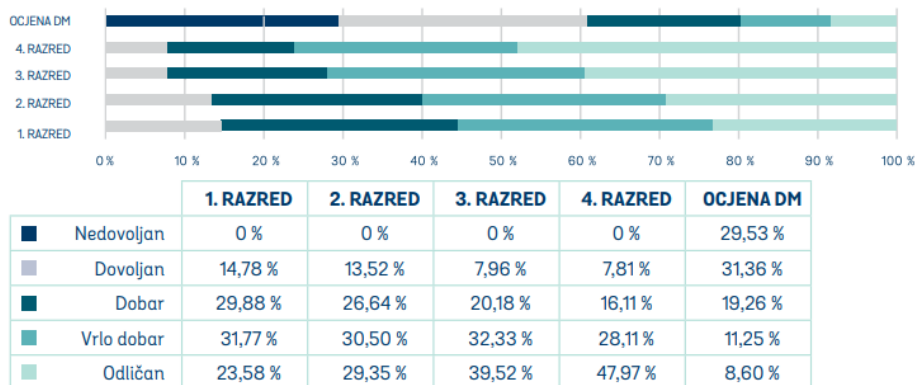
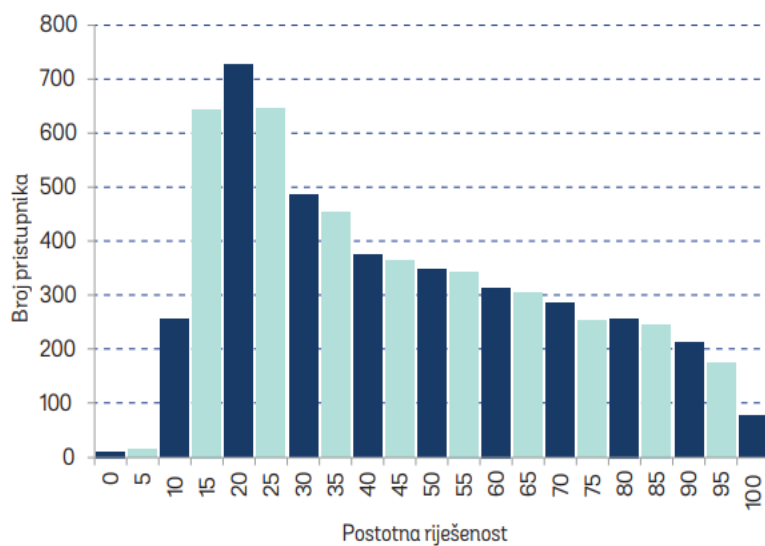
	UKUPNO	GIMNAZIJE	STRUKOVNE
Broj učenika	3359	2687	672
Broj čestica	67	67	67
Zadatci otvorenoga tipa	32	32	32
Zadatci zatvorenoga tipa	35	35	35
Postignuti raspon bodova	0,0 – 100,0	0,0 – 100,0	1,43 – 94,29
Aritmetička sredina	52,24	56,52	35,12
Medijan	52,86	58,57	28,57
Standardna devijacija	22,57	21,30	19,16



	1. RAZRED	2. RAZRED	3. RAZRED	4. RAZRED	OCJENA DM
■ Nedovoljan	0 %	0 %	0 %	0 %	14,56 %
■ Dovoljan	5,80 %	6,44 %	2,66 %	2,10 %	29,08 %
■ Dobar	18,96 %	16,37 %	10,31 %	9,31 %	27,74 %
■ Vrlo dobar	35,11 %	34,34 %	31,25 %	25,36 %	20,75 %
■ Odličan	40,13 %	42,86 %	55,78 %	63,23 %	7,88 %

Slika 7. Osnovni statistički pokazatelji, distribucija ukupnih rezultata te raspodjela ocjena za ispit državne mature iz Kemije godine 2020./2021. prema [2]

	UKUPNO	GIMNAZIJE	STRUKOVNE
Broj učenika	6793	4379	2414
Broj čestica	37	37	37
Zadatci otvorenoga tipa	12	12	12
Zadatci zatvorenoga tipa	25	25	25
Postignuti raspon postotnih bodova	0,0 – 100,0	0,0 – 100,0	0,0 – 98,3
Aritmetička sredina	42,99	50,74	28,97
Medijan	38,33	50,0	23,33
Standardna devijacija	25,01	24,73	18,59



Slika 48. Raspodjela školskih ocjena i ocjena u ispitu iz Fizike

Slika 8. Osnovni statistički pokazatelji, distribucija ukupnih rezultata te raspodjela ocjena za ispit državne mature iz Fizike godine 2020./2021.prema [2]

Državnoj maturi iz Kemije pristupa između 2500 i 4000 pristupnika godišnje što je upola manje od mature iz Fizike. Sa Slika 7 i 8 vidimo da je i na ovoj maturi iz Kemije upola manje pristupnika nego na maturi iz Fizike. Aritmetička sredina ostvarenih bodova iz Kemije je viša za 9,25% što je tipično. Distribucija ukupnih rezultata na ispitu iz Kemije pomaknuta je više udesno, ali je i simetričnija od rezultata Fizike [2-15].

Ono što je tipično za ispit državne mature iz Kemije, jest da manji broj pristupnika ispita državne mature iz Kemije dobije ocjenu odličan (5), obično između 5% i 10%, nego iz ispita državne mature iz Fizike gdje ocjenu odličan (5) najčešće dobije 8-15% ispitanika. Ispit državne mature iz Kemije najčešće ima nekoliko vrlo teških zadataka koji naprave razliku između dobrih i najboljih dok matura iz Fizike ima puno manje takvih zadataka. Može se razmišljati o tome je li na ispitu državne mature iz Kemije preteško dobiti ocjenu odličan te kako povećati broj odlično i vrlo dobro ocijenjenih pristupnika na tom ispitu

Zatim, gotovo uvijek je udio ocjena nedovoljan (1) i dovoljan (2) manji na državnoj maturi iz Kemije nego iz Fizike, a udio ocjena dobar (3) i vrlo dobar (4) je veći na državnoj maturi iz Kemije nego iz Fizike.

Te se razlike dijelom daju objasniti brojem pristupnika. Mnogo fakulteta traži Fiziku kao izborni ispit, ili izborni ispit koji nosi određeni broj dodatnih bodova, dok za Kemiju u pravilu to nije slučaj. Na primjer, za nastavnički smjer Fizike i Kemije na PMF-u u Zagrebu, 20% bodova za upis nosi rezultat ispita državne mature iz Fizike te je ona obavezna, dok 10% nosi ispit državne mature iz Kemije, no ispit nije obavezan, te su to samo dodatni bodovi, a ne uvjet. S obzirom da svake godine navedeni smjer upisuje znatno manje studenata nego što je kvota, maturanti uopće ne moraju pisati ispit državne mature iz Kemije da bi upisali navedeni smjer.

Zbog te činjenice maturu iz Fizike piše mnogo veći broj pristupnika. Velikom broju studija Kemija je ili jedan od ključnih predmeta za upis, ili se uopće ne vrednuje. Zbog toga ispit državne mature iz Kemije pišu samo oni maturanti koji znaju da će je trebati vrlo dobro naučiti za upis željenog fakulteta.

4. Metodologija

4.1. Način provođenja istraživanja

Zadaci su prvo svrstani po područjima ispitivanja. Uzmimo za primjer ispitni katalog za godinu 2020.-2021. [14]. U ispitnom katalogu za ispit državne mature iz Fizike ta područja su:

- matematička i eksperimentalna znanja i vještine u fizici
- osnovni koncepti i zakoni iz potpodručja mehanike
- osnovni koncepti i zakoni iz potpodručja termodinamike
- osnovni koncepti i zakoni iz potpodručja elektriciteta i magnetizma
- osnovni koncepti i zakoni iz potpodručja titranja, valova i optike
- osnovni koncepti i zakoni iz potpodručja moderne fizike.

Za ovo istraživanje mehanika je podijeljena na kinematiku, dinamiku i hidromehaniku, a optika odvojena od titranja i valova. Matematička i eksperimentalna znanja i vještine u fizici ukomponirana su u svako od tih područja, a nisu gledana kao zasebna točka. To je napravljeno da bi se još bolje moglo razlikovati znanje pojedinih cjelina.

U ispitnom katalogu točno su propisani obrazovni ishodi (koji se nalaze i u kurikulumu), koji se provjeravaju na maturi (npr. analizirati kružno gibanje (FIZ SŠ C.1.6.)).

Provedena je frekvencijska analiza, određena aritmetička sredina postotka riješenosti zadataka pojedinih kategorija navedenih zadataka, a nakon toga je isto određeno i po tipovima zadataka, za zatvoreni i otvoreni tip. Provedena je i kvalitativna analiza predstavnika skupina zadataka, kao i učeničkih rješenja.

Valjalo bi se još dotaknuti težine i složenosti, to jest, kognitivne zahtjevnosti zadataka. Težina zadataka se određuje po samoj riješenosti zadatka. Ukoliko je u zadatku ostvareno 0%-30% bodova zadatak se smatra teškim, za 31%-69% srednje teškim, te za 70%-100% bodova laganim.

O složenosti i kognitivnoj zahtjevnosti zadataka govori nam Webbov model dubine znanja. Zadaci se mogu podijeliti prema kognitivnoj zahtjevnosti na četiri razine [16, 17]:

- 1) Činjenično znanje
- 2) Koncepti i vještine
- 3) Strateško razmišljanje
- 4) Produljeno razmišljanje.

Razina 1 obuhvaća pitanja koja ne zahtijevaju procesiranje već samo prisjećanje podataka (rješavaju se u jednom koraku).

Razina 2 uključuje zadatke koji zahtijevaju razumijevanje koncepata, primjenu jednostavnih procedura te korištenje i tumačenje raznih reprezentacija poput shema, dijagrama, grafova i slično. Ona zahtijeva procesiranje i povezivanje, ali kroz manji broj koraka koje treba provesti (okvirno za školsku Fiziku do tri koraka).

Razina 3 obuhvaća strateško planiranje i provođenje rješenja, ali kroz još veći broj koraka te uz složenije zaključivanje.

Razina 4 uključuje snalaženje posve u novim kontekstima, dugotrajno i opsežno planiranje, osmišljavanje novih pokusa i slično. Kao takva, primjerena je za istraživačke zadatke, samostalne projekte i slično, koji se provode dulje vrijeme, a ne može se ispitati u ispitu državne mature.

Stoga su u daljnjoj analizi zadaci podijeljeni prema prve tri Webbove razine te je izračunata aritmetička sredina osvojenih bodova (i time procijenjena srednja težina zadataka) za svaku pojedinu razinu.

Zadaci su klasificirani i analizirani i prema području fizike koje ispituju, pa se time pokušalo izvući zaključke o učeničkom znanju o tim područjima.

Nakon toga su identificirani i analizirani zadaci prema nekim izdvojenim kategorijama, prema onome što zadatak ispituje, poput razumijevanja grafičkih prikaza, proporcionalnog zaključivanja, te primjene vektora. Jedan zadatak može ispitivati više ishoda, kao i više navedenih elemenata znanja i zaključivanja te može spadati u više kategorija zadataka. Potom je provedena frekvencijska analiza riješenosti zadataka pojedine kategorije.

Iz tih podataka, kao i kvalitativnom analizom, pokušat će se odrediti uzroci učeničkih poteškoća te tipovi i kategorije zadataka koje učenici rješavaju bolje ili lošije.

5. Rezultati

Rezultati obrade podataka za godine 2020.-2021., 2019.-2020., 2018.-2019., 2017.-2018., 2010.-2011. te 2009.-2010. po cjelinama prikazani su u Tablicama 2 i 3.

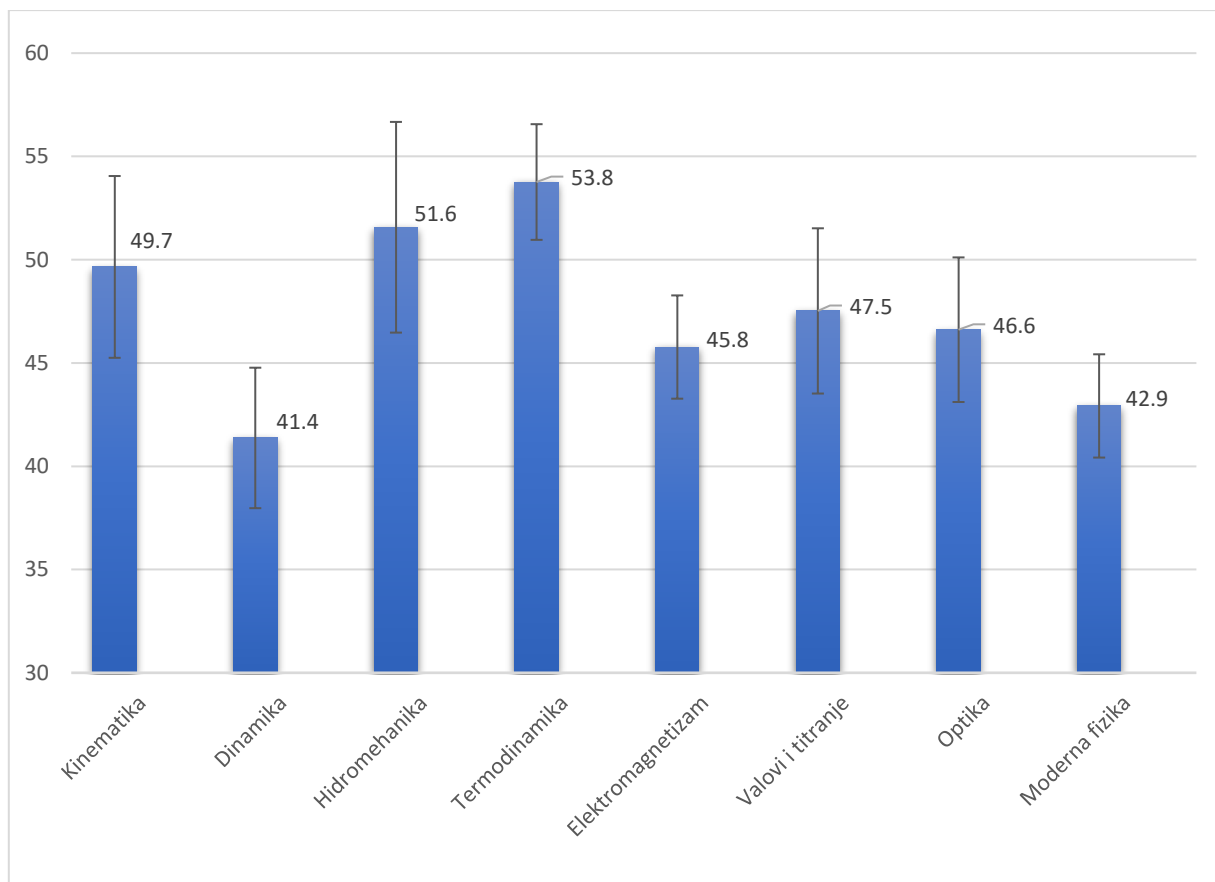
Cjelina Fizike	Srednja riješenost (aritmetička sredina) / %	Standardna pogreška aritmetičke sredine / %	Broj zadataka
Kinematika	49,7	4,4	17
Dinamika	41,4	3,4	30
Hidromehanika	51,6	5,1	7
Termodinamika	53,8	2,8	34
Elektromagnetizam	45,8	2,5	51
Titranje i valovi	47,5	4	23
Optika	46,6	3,5	18
Moderna fizika	42,9	2,4	36

Tablica 2. Podaci o srednjoj riješenosti, standardnoj pogrešci aritmetičke sredine i broju zadataka po cjelinama iz Fizike (ukupno).

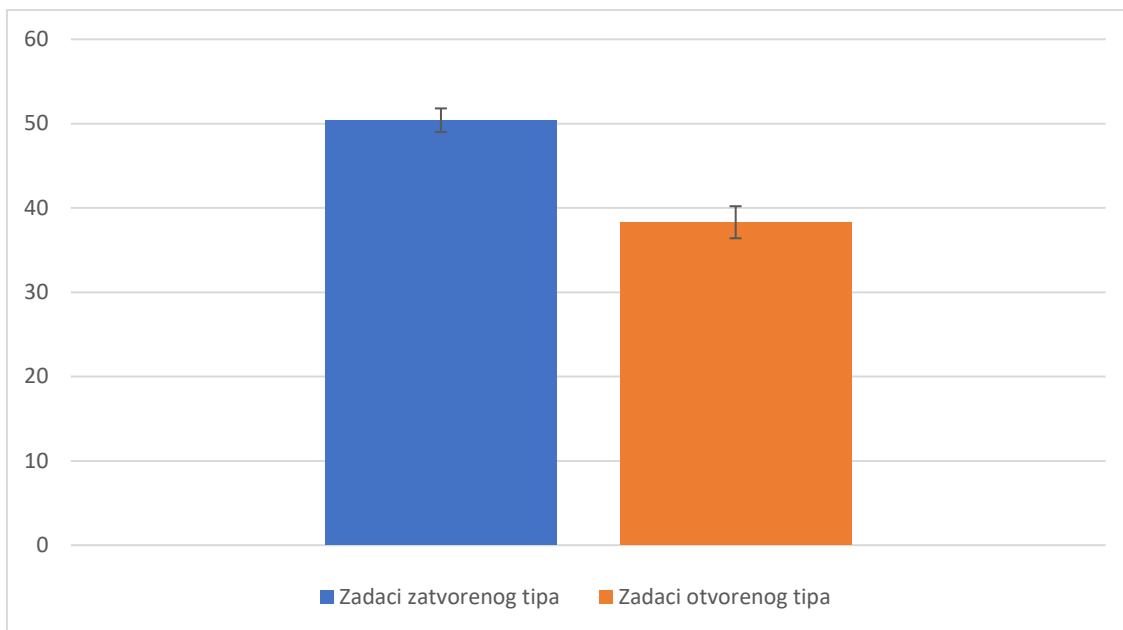
Cjelina Fizike	Zadaci zatvorenog tipa			Zadaci otvorenog tipa		
	Srednja riješenost (aritmetička sredina) / %	Standardna pogreška aritmetičke sredine / %	Broj zadataka	Srednja riješenost (aritmetička sredina) / %	Standardna pogreška aritmetičke sredine / %	Broj zadataka
Kinematika	50,4	5,4	13	47,3	7,6	4
Dinamika	45,5	4,5	17	35,9	5	13
Hidromehanika	50	5,7	6	61	0	1
Termodinamika	57,8	3,7	22	46,3	3,7	12
Elektromagnetizam	49,7	2,8	34	37,9	4,4	17
Titranje i valovi	50,2	4,5	17	40	8,2	6
Optika	50,7	3,3	15	26,3	5,8	3
Moderna fizika	49	2,7	24	30,8	2,4	12

Tablica 3. Podaci o srednjoj riješenosti, standardnoj pogrešci aritmetičke sredine i broju zadataka po cjelinama iz Fizike za zadatke zatvorenog tipa i zadatke otvorenog tipa

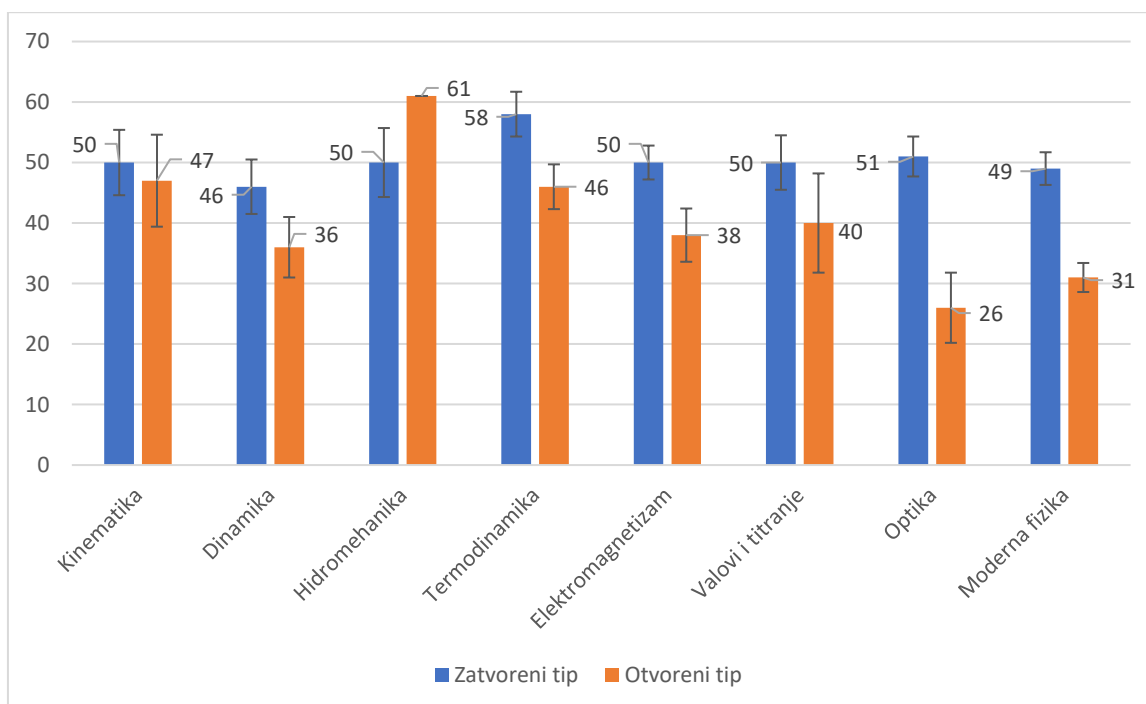
Neki podaci iz tablice prikazani su na slikama 9-11. Na Slici 9 prikazane su riješenosti sa standardnim pogreškama aritmetičke sredine za pojedina područja fizike, te na Slici 10 srednja riješenost svih zadataka otvorenoga i zatvorenoga tipa. Konačno, na Slici 11 prikazane su riješenosti za pojedina područja fizike podijeljena i na zadatke otvorenog i zatvorenog tipa.



Slika 9. Prikaz srednje riješenosti zadataka iz pojedinih cjelina (u postotcima), sa standardnom pogreškom aritmetičke sredine



Slika 10. Srednja riješenost svih zadataka otvorenog i zatvorenog tipa (u postotcima) sa standardnom pogreškom aritmetičke sredine.

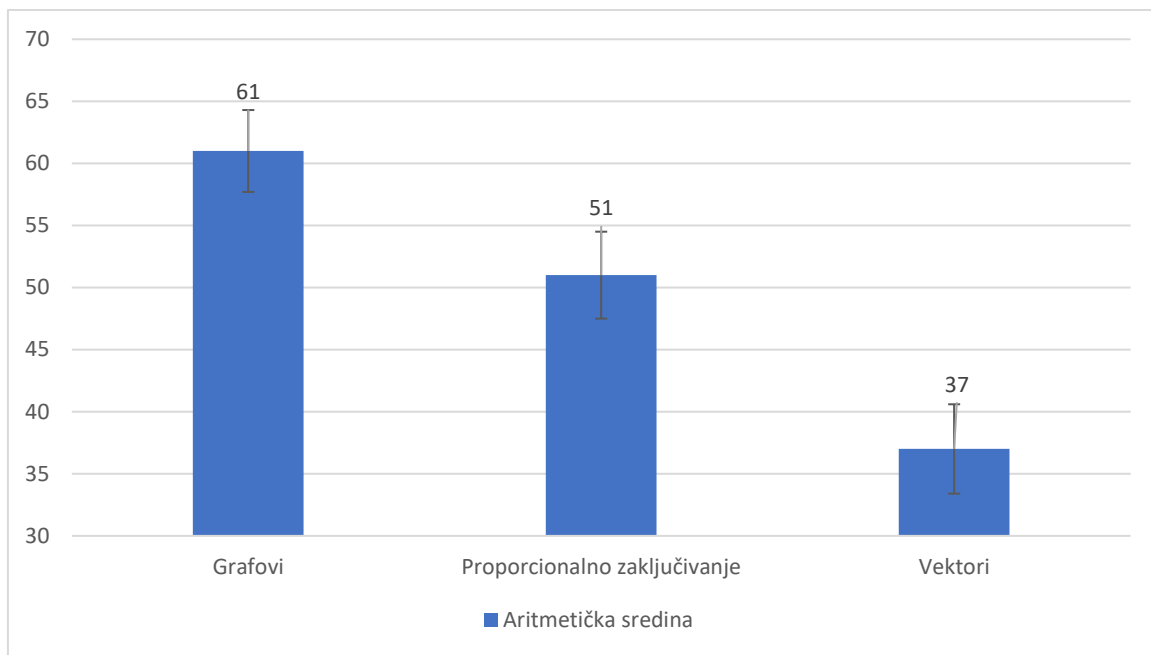


Slika 11. Srednja riješenost zadataka otvorenog i zatvorenog tipa po pojedinom području (u postotcima), sa standardnom pogreškom aritmetičke sredine

Za podatke sa Slike 10 napravljen je t-test koji uspoređuje dvije grupe podataka te testira značajnost razlike između te dvije grupe uspoređujući njihove aritmetičke sredine, standardne devijacije te broj članova skupova. Dobiveni rezultati u t-testu za usporedbu zadataka otvorenog ($M=38,3$, $SD=16,3$) i zatvorenog ($M=50,4$, $SD=16,4$) tipa iznose $p=0,00008$, $t(212)=5,07$, što se smatra statistički vrlo značajnom razlikom između promatranih skupova zadataka ($p<0.05$). Možemo zaključiti da su zadaci otvorenog tipa statistički značajno teži od zadataka zatvorenog tipa.

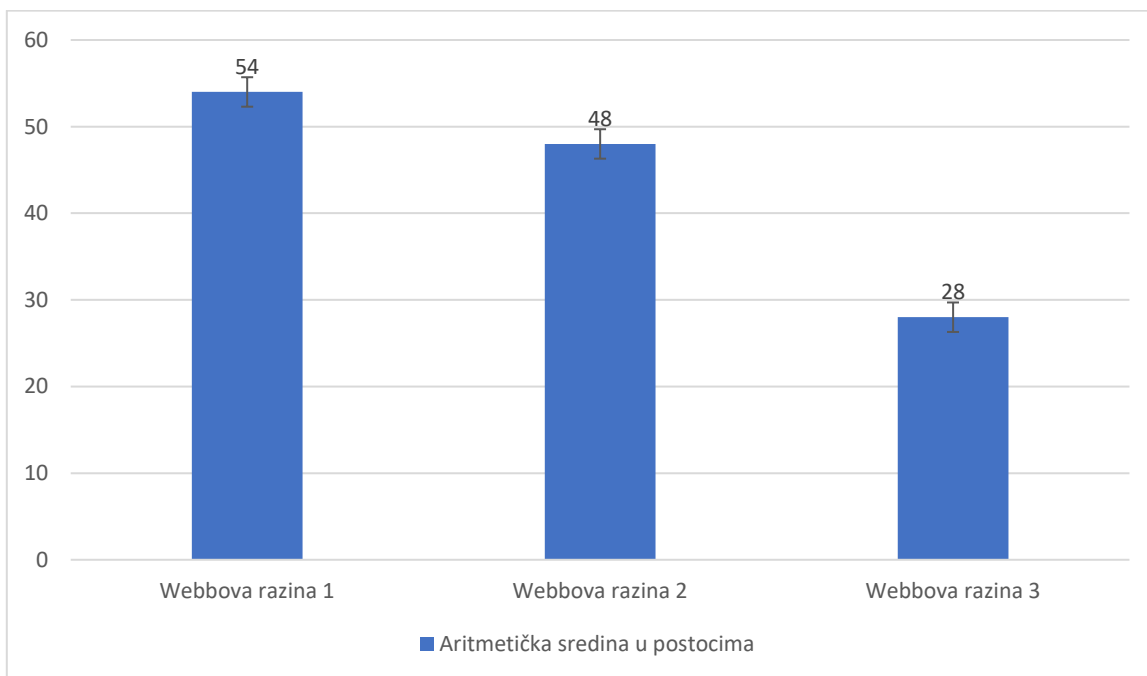
Podaci sa Slike 9 -11 govore nam puno o učeničkim sposobnostima rješavanja zadataka iz Fizike. Vidimo da su zadaci zatvorenog tipa u prosjeku bolje riješeni nego zadaci otvorenog tipa za 12%. Jedan od razloga zašto je riješenost ovakva sigurno dolazi zbog činjenice da učenici mogu ponekad pogoditi točan odgovor u zadacima zatvorenog tipa s vjerojatnošću 25% . Ne pogađaju svi učenici, već oni koji ne znaju riješiti zadatak. Što je frekvencija svih odgovora bliže 25% lakše možemo zaključiti da je veći broj pristupnika pogađao odgovor. Svejedno, činjenica da učenici mogu pogoditi točan odgovor zasigurno pridonosi tome da je riješenost zadataka zatvorenog tipa veća, premda ih ponekad privlačni pogrešni distraktori mogu odvući i u krivom smjeru. Nadalje, ako je zadatak zatvorenog tipa računski, učenici, kada dobiju neko rješenje i vide da ga nema u ponuđenim odgovorima, znaju da su pogriješili te traže grešku. U zadacima otvorenog tipa ta metoda nije primjenjiva, jer nema provjere je li rješenje dobro. Ono što čudi iz ovih rezultata je to da se u većini škola u fokus stavljaju zadaci otvorenog tipa kod rješavanja ispita, i to obično složeniji zadaci nego što su u ispitu državne mature, te bi se očekivalo da su učenici bolje pripremljeni za rješavanje takvih zadataka. Zadaci otvorenog tipa su češće kognitivno zahtjevniji te spadaju u drugu ili treću Webbovu razinu zadataka, dok su zadaci zatvorenog tipa najčešće druge razine, zatim prve, a malo ih je treće Webbove razine. Kasnije će se vidjeti da su zadaci više Webbove razine lošije riješeni od zadataka niže Webbove razine, pa je i to zasigurno faktor koji povećava razliku između riješenosti zadataka otvorenog i zatvorenog tipa.

U ovom dijelu zadatke sam podijelio na kategorije: zadaci s grafovima, zadaci proporcionalnog zaključivanja te zadaci koji sadrže vektore.



Slika 12. Srednja riješenost po kategorijama zadataka (u postotcima) sa standardnom pogreškom aritmetičke sredine.

Zadaci su grupirani i po Webbovim kategorijama te se podaci nalaze na Slici 13:



Slika 13. Srednja riješenost zadataka po Webbovim razinama (u postotcima) sa standardnom pogreškom aritmetičke sredine (uz brojeve zadataka po pojedinoj razini $N_1 = 47$, $N_2 = 113$, $N_3 = 34$).

Prema Slici 13 vidimo da su zadaci bolje riješeni ako su niže Webbove razine. To nas ne čudi, jer to govori da ako zadatak ima više koraka u rješavanju, a time i veću kognitivnu zahtjevnost, riješit će ga manje maturanata. Ono što također ne čudi je velik skok između druge i treće Webbove razine, jer su zadaci treće razine konceptualno i proceduralno mnogo složeniji od zadataka prve i druge razine. Može se komentirati i relativno mala razlika u riješenosti između prve i druge razine. Do takve male razlike moglo je doći jer nastavnici rijetko u svojim ispitima imaju zadatke prve razine, već su najčešće u školskim ispitima znanja zadaci otvorenog tipa treće razine, s ponekim zadatkom druge razine. Vjerojatno učenici jednostavno ne znaju činjenice koje se ispituju pa je i zato riješenost niža i za te manje složene zadatke.

6. Primjeri zadataka

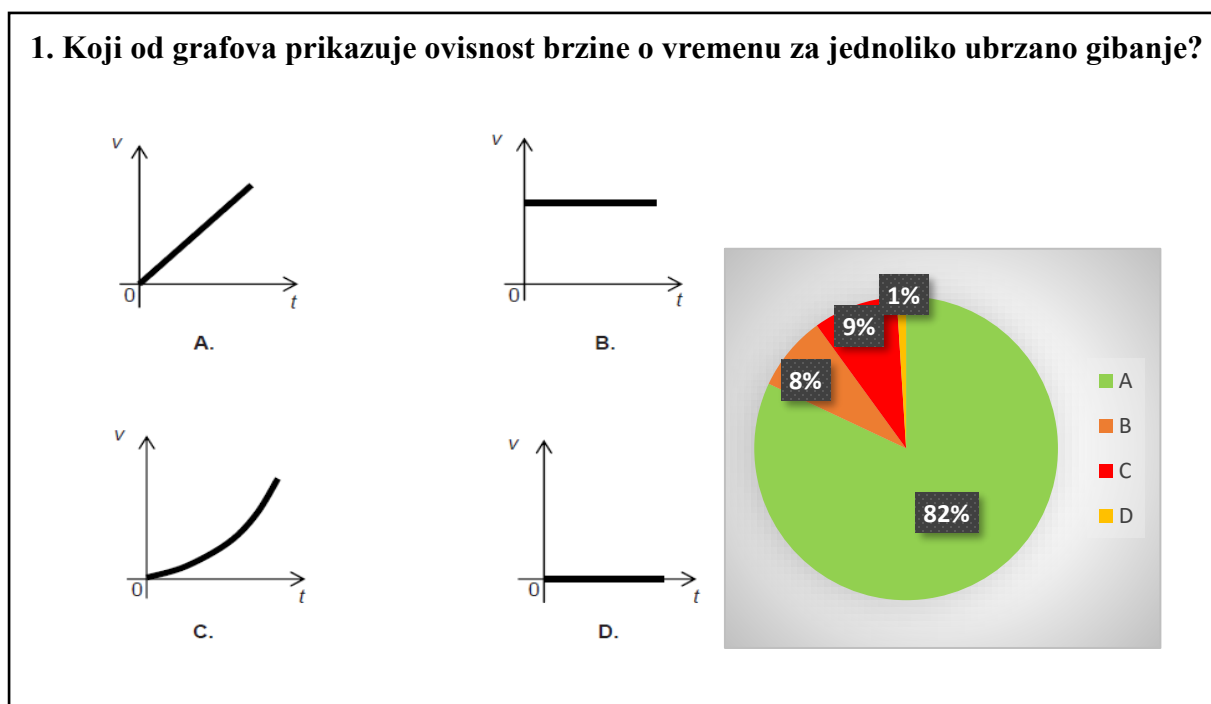
U ovome poglavlju bit će dani primjeri nekih karakterističnih i informativnih zadataka.

Kružni dijagrami će biti prikazani za rješenja zadataka zatvorenog tipa. Točan odgovor bit će označen zelenom bojom. Najčešći pogrešan odgovor bit će označen crvenom bojom, a ostala dva netočna odgovora bit će označeni žutom i narančastom bojom.

6.1. Analiza po težini

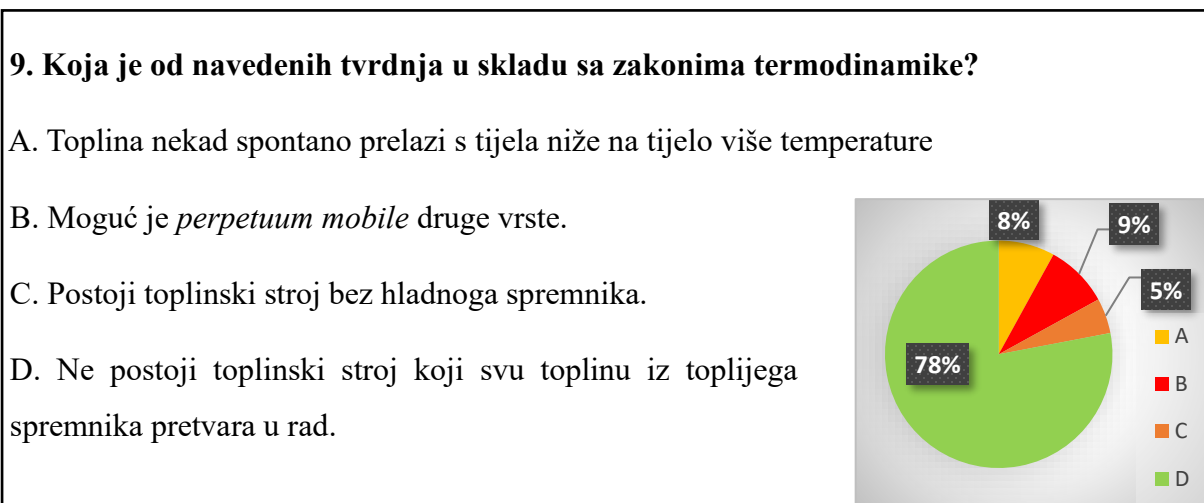
Prvo će se prikazati tri lagana zadatka (riješenost iznad 70%) te tri teška zadatka (riješenost ispod 30%), kako bi se ilustriralo što učenici dobro rješavaju, a što ne.

Lagani zadaci u ispitu državne mature iz Fizike obično su zatvorenog tipa. Karakteristike laganih zadataka bit će raspravljene na primjerima.



Slika 14. Zadatak 1 i frekvencija odgovora, DM 2010./2011., ljetni rok.

Ovaj zadatak ispituje osnovno znanje kinematike, učenik mora znati što je jednoliko ubrzano gibanje i da se brzina u takvom gibanju jednoliko povećava. To zna 82% učenika, njih 9% ne zna da je $v-t$ graf tog gibanja pravac (možda ga miješa sa $s-t$ grafom), dok 8 % učenika zamjenjuje jednoliko ubrzano s jednoliko pravocrtnim gibanjem. Jednoliko ubrzano gibanje se pojavljuje kroz cijelo učenje fizike, isto kao i grafički prikazi. Ako učenik zna formulu za brzinu u jednolikom ubrzanom gibanju te formulu prepozna kao jednadžbu pravca s nagibom koji nije jednak nuli, može vidjeti da je točan odgovor A. Ovo se često naglašava i ispituje u nastavi fizike, pa ne čudi da je riješenost ovog zadatka tako visoka (ovo je jedan od najbolje riješenih zadataka u svim ispitima državne mature iz Fizike koje sam proučavao za ovaj rad).



Slika 15. Zadatak 9 i frekvencija odgovora, DM 2019./2020., ljetni rok.

Ovaj zadatak provjerava temeljna znanja termodinamike. U većini škola se dobro raspravljaju sve navedene činjenice te učenici mogu znati koji je točan odgovor ili barem mogu eliminirati netočne odgovore. Niti jedan distraktor ne odskaače od drugih, što je dobro, no za ovakvu vrstu zadatka nije uvijek lako osmisliti dobre distraktore, te se mora jako paziti i pri njihovom formuliranju, a i kod rješavanja.

28. U serijskome RLC spoju izmjenične struje induktivni otpor iznosi 20Ω , kapacitivni otpor 60Ω , a omski otpor 30Ω . Kolika je impedancija toga spoja? 72% osvojenih bodova

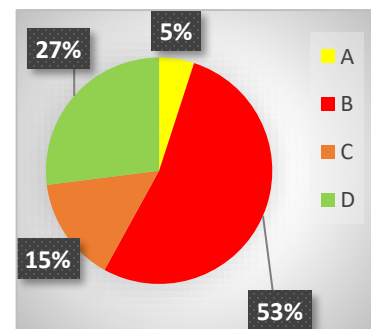
Slika 16. Zadatak 28 i frekvencija odgovora, DM 2017./2018., ljetni rok.

Ovo je jedan od rijetkih zadataka otvorenog tipa koji je lagan. Riješenost ovog zadatka je dobra zato što učenik mora napraviti samo tri koraka: prepoznati formulu za impedanciju, koja je zadana u knjižici za formule, te uvrstiti ove brojeve i provesti račun. Zbog te činjenice riješenost ovoga zadatka je tako velika, a može se i iz ostalih sličnih zadataka iščitati da učenicima relativno dobro ide rješavanje šablonskih zadataka uz zadane formule. Ipak, nezanemariv broj pristupnika nije taj zadatak znao riješiti, ili barem ne u potpunosti.

Sada treba nešto reći o teškim zadacima (riješenost do 30%). To su najčešće otvoreni zadaci produženoga odgovora, koji imaju mnogo koraka rješavanja. Također, u zadacima zatvorenoga tipa, ako učenik ne zna koji je odgovor točan, uvijek može pogađati te ima 25% šanse da pogodi točan odgovor. Zbog toga će stvarno malo zadataka zatvorenoga tipa imati manje od 30% riješenosti, osim ako imaju posebno dobre distraktore, koji sugeriraju pogrešne odgovore rezonantne učeničkom intuitivnom zaključivanju.

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 $x = 1/2 A$?

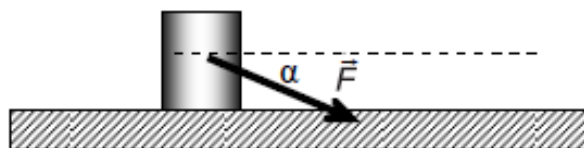
- A. $1/3 E$
- B. $1/2 E$
- C. $2/3 E$
- D. $3/4 E$



Slika 17. Zadatak 15 i frekvencija odgovora, DM 2019./2020., ljetni rok.

U ovome zadatku treba znati primijeniti zakon očuvanja energije te analizirati vrijednosti pojedinih energija. Ovdje se može vidjeti moć distraktora, jer ako je zadatak učenicima pretežak, odmah skaču na odgovor s brojem istim kao u zadatku (ovdje $\frac{1}{2}$). Zadatak nije nimalo trivijalan, ima 4-5 koraka rješavanja, gdje greška u bilo kojem koraku znači krivi rezultat. Također mislim da bi zadatak bio mnogo bolji kao zadatak otvorenoga tipa, puno bi se bolje vidjelo znanje učenika. Ne čudi da je riješenost na ovom zadatku mala, jer je poznato da učenici imaju puno problema s primjenom zakona očuvanja energije, svugdje osim u vrlo poznatim i često korištenim primjerima (npr. slobodni pad tijela).

31. Na tijelo mase 30 kg djeluje se silom F pod kutom od 30° prema horizontali. Tijelo se giba jednoliko. Faktor trenja između tijela i podloge je 0,1. Odredite iznos sile F .



9% osvojenih bodova

Slika 18. Zadatak 31 i frekvencija odgovora, DM 2010./2011., ljetni rok.

Ovaj zadatak je naizgled jednostavan, no kada se zapravo vidi što se sve učenik treba napraviti da bi ga riješio, brzo uviđamo da nije. Ovaj zadatak ima puno koraka: nacrtati skicu, rastaviti silu na komponente, napraviti dijagram sila u dvije dimenzije, primijeniti Newtonove zakone u dvije dimenzije, adekvatno primijeniti izraz za silu trenja, primijeniti trigonometriju te na kraju provesti račun. Učenici imaju problema sa svakim pojedinim korakom, a posebno kada su svi u istom zadatku. Ovaj zadatak zahtijeva strateško razmišljanje, planiranje i provođenje velikog broja koraka, konceptualno i proceduralno je zahtjevan, te ne čudi previše da je riješenost tako niska. 9% osvojenih bodova išlo je uglavnom na bod ovdje i ondje za poneki od koraka, dok je broj učenika koji su riješili zadatak do kraja bio iznimno malen.

32. Grijačem snage 500 W tali se 2 kg leda temperature 0 °C. Sva energija koju proizvede grijač potroši se na taljenje leda. Za koliko se vremena led rastali? Specifična toplina taljenja leda iznosi 330 000 J kg⁻¹.

27% osvojenih bodova

Slika 19. Zadatak 32 i frekvencija odgovora, DM 2010./2011., ljetni rok.

Za ovaj zadatak čudi da je riješenost tako mala. Za rješavanje zadatka trebaju se povezati dvije formule, obje u knjižici za formule. Zadatak se može riješiti u 2 reda, dosta je tipičan te su zadaci slični ovom zadatku česti u nastavi i u pisanim provjerama. Ipak, zadatak je razine 3 i uključuje više koraka, te povezivanje više koncepata, od kojih neki, poput latentne topline taljenja, nisu učenicima vrlo poznati i razumljivi, iako uče o njima. Te dvije činjenice donekle objašnjavaju slabiju riješenost, premda možda ne u potpunosti.

6.2. Analiza po područjima

U sljedećoj analizi raspravit će se o nekim zadacima iz svakog područja fizike koje se pojavljuje u ispitu državne mature iz Fizike. Raspravit će se i glavne učeničke teškoće u svakom području.

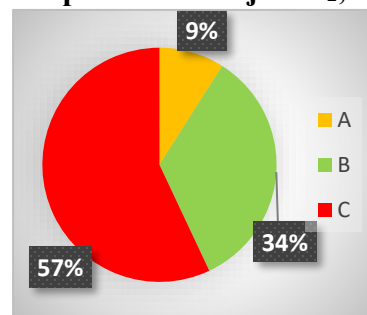
6.2.1. Mehanika

22. Jabuka pada na Zemlju zbog gravitacijskoga privlačenja između nje i Zemlje. Označi li se sila kojom Zemlja privlači jabuku s F_1 , a sila kojom jabuka privlači Zemlju s F_2 , u kakvome su odnosu iznosi tih dviju sila?

A. $F_1 < F_2$

B. $F_1 = F_2$

C. $F_1 > F_2$



Slika 20. Zadatak 22 i frekvencija odgovora, DM 2009./2010., ljetni rok.

Ovaj zadatak provjerava osnovno razumijevanje III. Newtonovog zakona i nažalost se ovdje može uočiti tipično nerazumijevanje i intuitivno zaključivanje, poput toga da učenici koriste princip dominacije „većeg“ tijela i misle da ono djeluje jačom silom [16]. Zbog toga toliko učenika bira odgovor C. Odgovor je u ovome zadatku neintuitivan za nekoga tko ne poznaje dinamiku i Newtonove zakone, ali ne veseli činjenica da samo 34% pristupnika daje točan odgovor. No, to je u skladu s rezultatima brojnih edukacijskih studija u području mehanike, koje sustavno ukazuju na veliku učestalost učeničkih konceptualnih poteškoća pri usvajanju Newtonovih zakona, kako kod nas, tako i u svijetu [16].

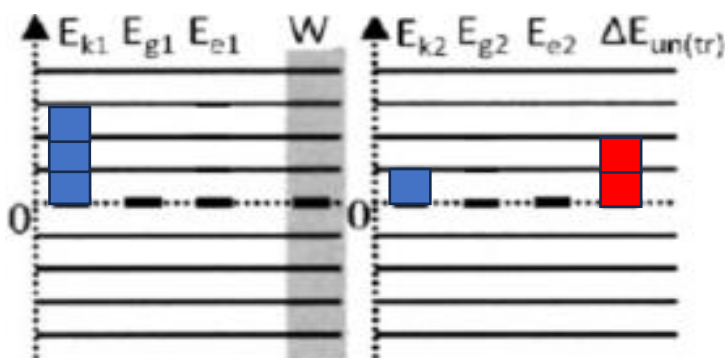
34. Projektil mase 50 g leti brzinom 500 m/s i probije zid debljine 5 cm te se nastavi gibati dalje brzinom 200 m/s. Kolika je sila otpora zida? Pretpostavite da je sila otpora zida stalna.

35% osvojenih bodova

Slika 21. Zadatak 34 i frekvencija odgovora, DM 2017./2018., ljetni rok.

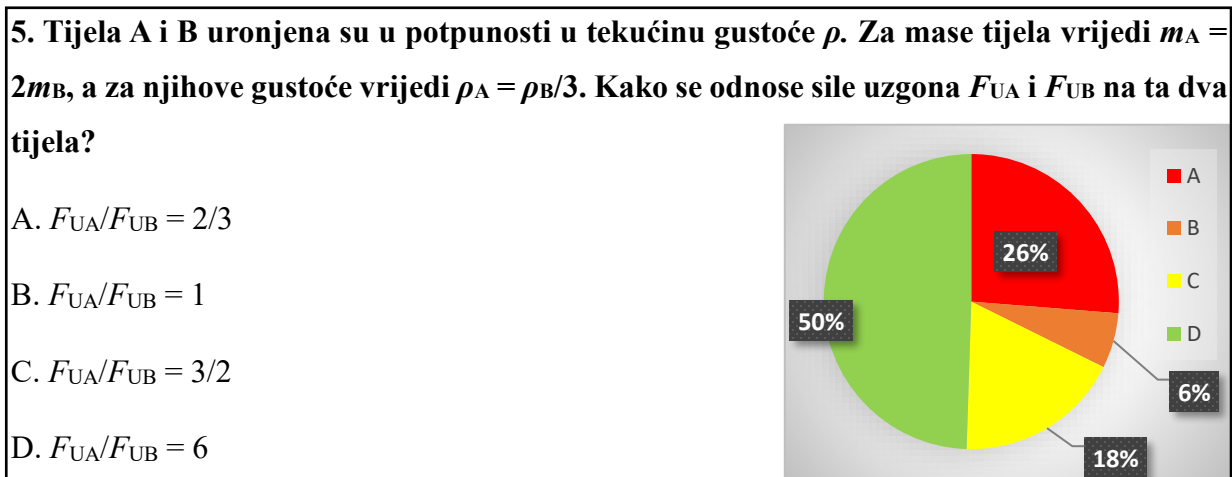
U ovome zadatku učenik treba prepoznati da će do rješenja doći korištenjem zakona očuvanja energije, odrediti oblike energije u početnom i konačnom trenutku (prije i poslije proboja metka), to jest prepoznati da se rad sile otpora zida očituje kao promjena unutarnje energije metka i zida. Može pomoći i prikaz zakona očuvanja energije pomoću stupčastih dijagrama energije, koji olakšava njegovu vizualizaciju i pisanje jednadžbe:

Odabrana tijela (sustav): Projektil, zid, Zemlja



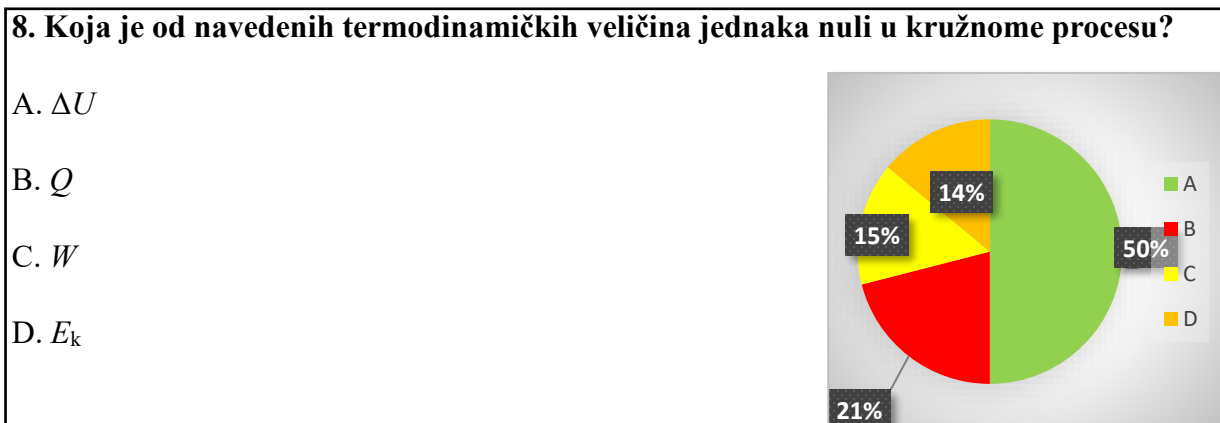
Slika 22. Stupčasti dijagram energije za ovaj zadatak. Prikaz lijevo pokazuje ukupnu energiju u sustavu u prvom promatranom trenutku, a prikaz desno u drugom promatranom trenutku, dok je rad proces između ta dva trenutka. Zbog zakona očuvanja energije, ukupni broj pravokutnika mora biti jednak u oba trenutka.

Takvi zadaci nisu nimalo trivijalni, no ovo su koncepti na kojima počiva svo srednjoškolsko znanje fizike te bi morali biti uvježbani. Učenici imaju problema s konceptom rada i često ga ne prepoznaju kao način prijenosa energije, a primjena zakona očuvanja energije kompleksna je i učenicima često nejasna [16]. Uz sve te činjenice, 35% osvojenih bodova se može razumjeti, no trebalo bi biti mnogo bolje.



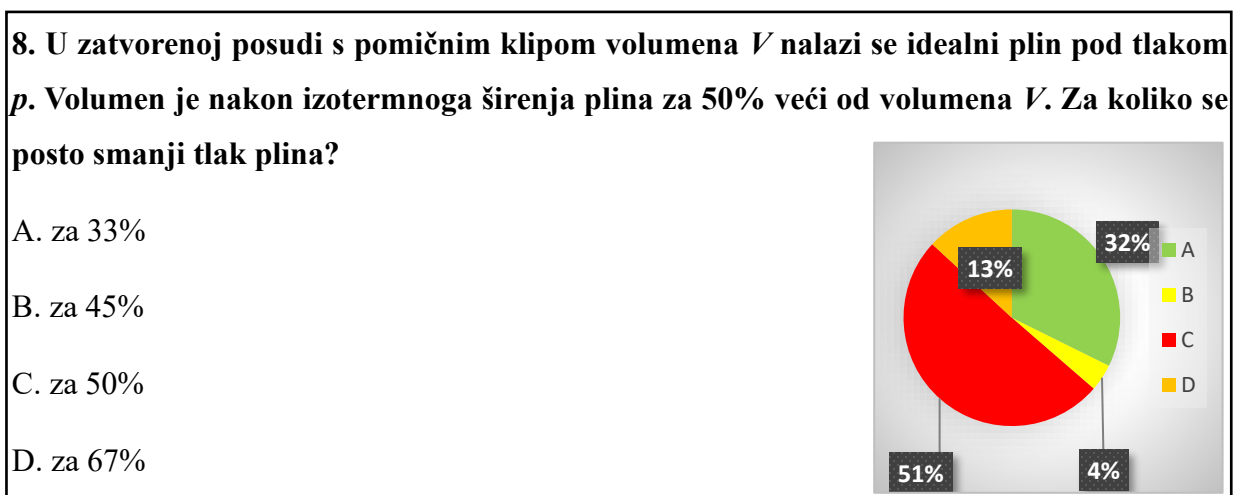
Slika 23. Zadatak 5 i frekvencija odgovora, DM 2018./2019., ljetni rok.

Navedeni zadatak provjerava znanje uzgona uz korištenje proporcionalnog razmišljanja. U ovom zadatku učenici prvo moraju prepoznati formulu za silu uzgona. Zatim moraju znati da se gustoća u formuli za uzgon odnosi na gustoću fluida u kojem se tijelo nalazi, a ne gustoću samog tijela. Nakon toga moraju sa zadanim podacima mase i gustoće izračunati odnos volumena tijela A i B, vide da je tijelo A šest puta većeg volumena te na njega djeluje šest puta veća sila uzgona. Najčešće odabran distraktor je A, a njega su odabrali učenici koji ne znaju da se gustoća u formuli odnosi na fluid, nego misle da se odnosi na uronjeno tijelo. Zbog malo većeg broja koraka rješavanja, ali i gradiva koje se dosta obrađuje, riješenost je 50%. Unatoč tome što je zadatak treće Webbove razine, jer ima više od 3 koraka rješavanja, vidi se da su učenici dobro upoznati s nekim gradivima te relativno dobro riješe čak i kompleksnije zadatke.



Slika 24. Zadatak 8 i frekvencija odgovora, DM 2019./2020., ljetni rok.

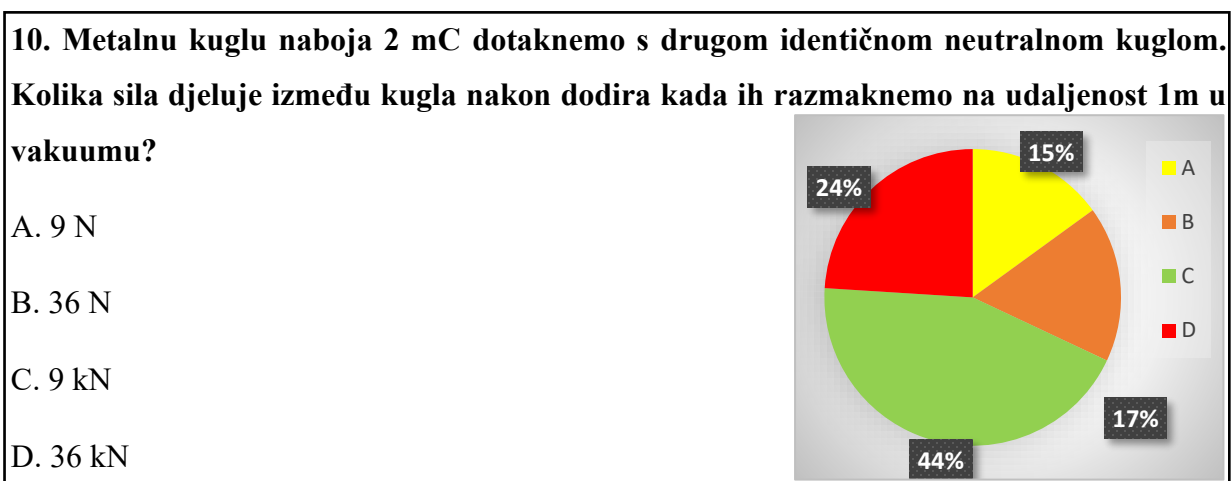
Ovo je zadatak između prve i druge Webbove razine, jer se može rješavati prisjećanjem naučene činjenice ili konceptualnim razumijevanjem kružnog procesa i koncepta unutarnje energije idealnoga plina. Veliki dio zadataka iz termodinamike je takve naravi te je zato ovaj zadatak odabran kao reprezentativan za ovo gradivo. Iz odabira pogrešnih odgovora može se iščitati da mnogi učenici ne razumiju kružni proces, o čemu svjedoči činjenica da ih 51% odabire rad kao veličinu jednaku nuli. Ovdje bismo u načelu očekivali puno veći udio točnih odgovora, ali očito termodinamički koncepti nisu dobro savladani.



Slika 25. Zadatak 8 i frekvencija odgovora, DM 2020./2021., ljetni rok.

U ovome zadatku učenici moraju prepoznati da trebaju primijeniti Boyle-Mariotteov zakon te uvrstiti brojeve u formulu i izračunati rješenje. Ovo je zadatak gdje se ponovo može vidjeti moć distraktora. Kada vide jednak broj u tekstu zadatka i u odgovorima, u ovom slučaju 50%, i/ili ne znaju kako zadatku pristupiti, učenici često bez rješavanja i razmišljanja biraju taj odgovor. Ovaj zadatak je zatvorenoga tipa, a zahtijeva račun i provođenje većeg broja koraka, stoga bi bilo bolje kada bi bio zadatak otvorenoga tipa. To bi omogućilo njegovo adekvatnije vrednovanje pomoću većeg broja bodova.

6.2.3. Elektrodinamika

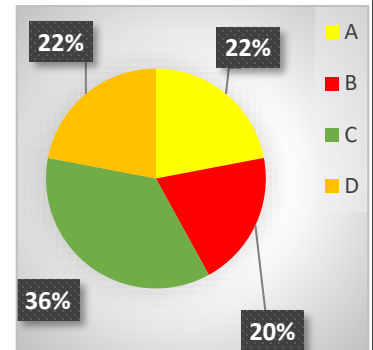
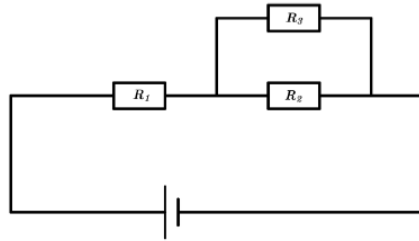


Slika 26. Zadatak 10 i frekvencija odgovora, DM 2020./2021., ljetni rok.

Da se ovaj zadatak može početi rješavati učenik mora znati što se događa s jednakim nabijenim i nenabijenim metalnim tijelom kada se dotaknu. Ako učenik zna da se naboj između tijela rasporedi jednoliko, može dobivene naboje tijela uvrstiti u Coulombov zakon te će dobiti 9 kN kao numeričko rješenje, što je dobilo 44% učenika. Neki su to primijenili, ali nisu obratili pažnju na mjerne jedinice, te su dobili 9 N. Ovaj zadatak ima nekoliko koraka, no svejedno čudi da je riješenost tek 44%. Najviše su bodova učenici izgubili jer nisu znali što se događa s nabojem kada se dotaknu nabijena tijela te je 41% mislilo da oba tijela imaju naboj 2 mC (odgovori B i D).

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. $1/2 R$
- B. $3/4 R$
- C. $4/3 R$
- D. $3/2 R$

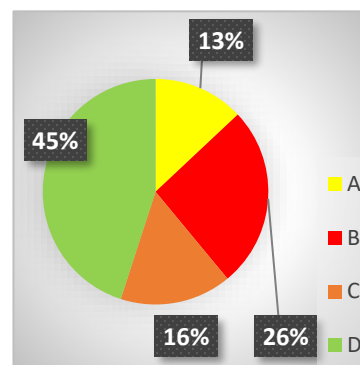


Slika 27. Zadatak 11 i frekvencija odgovora, DM 2020./2021., ljetni rok.

Ovo je tipičan zadatak sa strujnim krugovima. Iako ne djeluje složeno, ima dosta koraka zaključivanja, a riješenost je dosta loša. Učenici prvo moraju izračunati ukupan otpor spoja otpornika, te nakon toga odrediti ukupan otpor spoja kada se ukloni otpornik R_3 . Pri tome moraju znati kako se ponaša otpor otpornika spojenih u serijski i paralelni spoj. Učenicima je vjerojatno najveći problem bio izračunati ukupni otpor spoja prije uklanjanja otpornika zbog toga što je on kombinacija i paralelnog i serijskog spoja otpornika, te izraziti konačni otpor pomoću početnog ekvivalentnoga otpora. Podjednaka raspodjela krivih odgovora govori kako niti jedan distraktor nije bio posebno primamljiv, već se može zaključiti da su mnogi učenici pogađali točan odgovor, ako nisu znali doći do rješenja. Zadaci sa strujnim krugovima tipično imaju slabu riješenost u ispitima državne mature.

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 nula
- D. Brzina je nula, a akceleracija je maksimalna

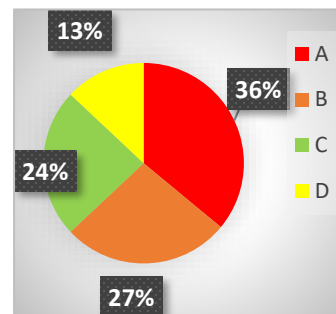


Slika 28. Zadatak 12 i frekvencija odgovora, DM 2017./2018., ljetni rok.

Ovaj zadatak kroz titranje harmonijskog oscilatora provjerava znanje o titranju i o Newtonovim zakonima. Vuče se miskoncepcija iz mehanike, učenici ne prepoznaju situaciju u kojoj tijelo može imati akceleraciju različitu od nule usprkos tome da mu je trenutna brzina jednaka nuli, već poistovjećuju te dvije veličine. Zato je najčešći krivo odabrani odgovor B. Kada je tijelo u amplitudnom položaju sila opruge na njega je maksimalna te zbog toga na tijelo djeluje maksimalna elastična sila, a to znači da je i akceleracija tijela maksimalna. Da bi ovaj zadatak bio bolje riješen trebalo bi učiti fiziku s razumijevanjem, pitati se zašto su pojave koje opažamo takve kakve jesu te stalno ponavljati i diskutirati prijašnja znanja i učeničke ideje te na njima graditi nova znanja. Učenici koji ne uče tako, već uče bez razumijevanja, pogrešno rješavaju ovakve zadatke.

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

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



Slika 29. Zadatak 19 i frekvencija odgovora, DM 2020./2021., ljetni rok.

U ovome zadatku vidi se da učenici loše razlikuju pojave u valnoj optici te ne razumiju što je polarizacija. Čak dva odgovora su više zastupljena od točnog odgovora, što je prilično rijetko u ispitu državne mature iz Fizike. Polarizacija svjetlosti refleksijom je pokus koji se može napraviti u školama, a koji većina učenika vjerojatno nije vidjela, niti samostalno izvela, a bez da učenici vide i istraže ove pojave, teško će ih razlikovati i naučiti.

6.2.5. Moderna fizika

30. Astronautkinja putuje raketom koja se giba jednoliko po pravcu brzinom $c\sqrt{3}/2$ u odnosu na Zemlju. Ona je u svojem sustavu izmjerila da njezino putovanje traje 2 godine. Koliko je vremena putovanje trajalo za promatrača na Zemlji?

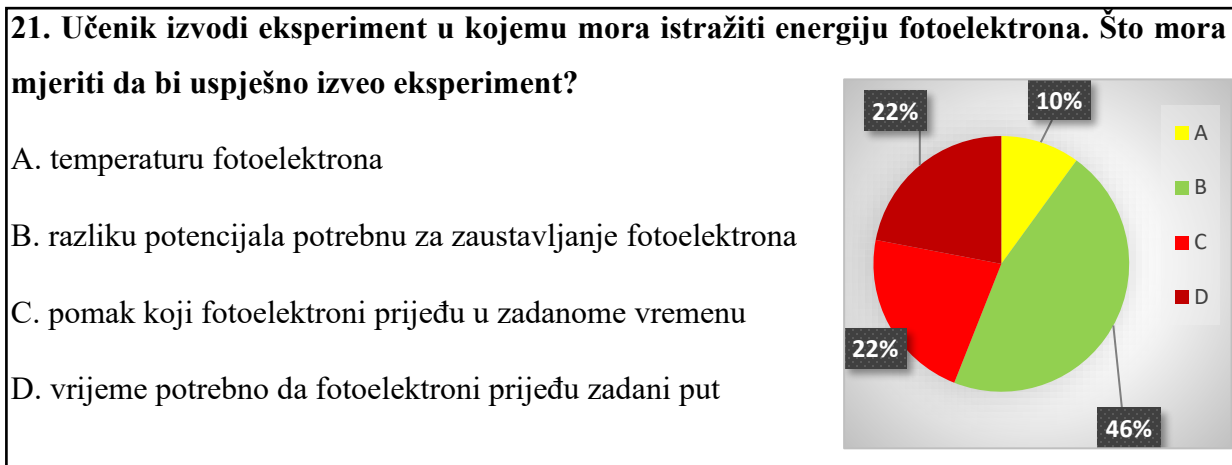
34% osvojenih bodova

Slika 30. Zadatak 30 i frekvencija odgovora, DM 2010./2011., ljetni rok.

Ovaj zadatak pokazuje da su neki dijelovi gradiva učenicima mnogo teži od drugih. Zadatak se rješava u nekoliko koraka. Prvo se mora prepoznati pojavu i odabrati formulu za dilataciju vremena, a nakon toga se mora odrediti koje je vrijeme vlastito, a koje laboratorijsko te uvrstiti vrijednosti u formulu i provesti račun.

Relativnost učenici rješavaju teže, premda se ti nastavni sadržaji obrađuju pred kraj 4. razreda i trebali bi učenicima biti svježiji. Međutim, radi se o vrlo zahtjevnim i kontraintuitivnim pojavama

i konceptima, pa učenici imaju s njima poteškoća. Postoji i problem da specijalna teorija relativnosti nije u svim programima učenja Fizike. Ona se obrađuje u prirodoslovno-matematičkim i općim gimnazijama, u strukovnim školama nije svugdje obavezna, a ponekad nema vremena da se kvalitetno obradi. Može se i diskutirati o tome je li potrebno i realno očekivati operativnost učenika s ovim sadržajima na srednjoškolskoj razini.



Slika 31. Zadatak 21 i frekvencija odgovora, DM 2019./2020., ljetni rok.

Fotoelektrični efekt je gradivo koje je bitno zbog njegove važnosti u povijesti fizike te je relativno lako za poučavanje zbog dostupnosti dobrih alata i animacija za pomoć razumijevanja gradiva. Unatoč tome, učenici ga teško shvaćaju zbog njegove kompleksnosti. Netko tko ne zna ništa o fotoelektričnom efektu teško će logikom ili intuicijom doći do točnog odgovora među ponuđenim odgovorima. Da bi učenik točno odgovorio na ovo pitanje morao se susresti s pojavom i istražiti je, barem putem simulacije. Fizikalne veličine u distraktorima nisu direktno povezane s fotoelektričnim efektom, a od ponuđenih odgovora jedino se razlika potencijala za zaustavljanje fotoelektrona (zaustavni napon) može odrediti eksperimentom (ili simulacijom) u razredu.

6.3. Analiza po kategorijama

6.3.1. Zadatci koji provjeravaju proporcionalno zaključivanje

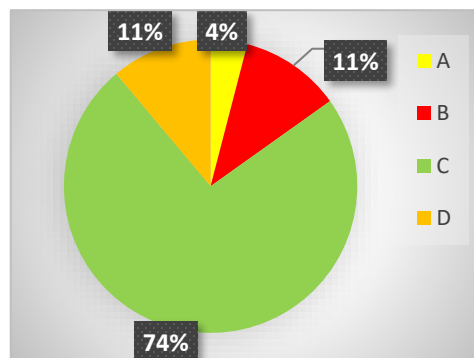
Proporcionalno zaključivanje se temelji na proporcionalnosti između varijabli. Ako su veličine direktno proporcionalne, one imaju stalan omjer, što znači da porast ili smanjenje jedne varijable izaziva istovjetni porast ili smanjenje druge jednak broj puta. Ako su obrnuto proporcionalne, onda je njihov umnožak stalan, a porast ili smanjenje jedne varijable izaziva smanjenje ili porast druge jednak broj puta. Proporcionalno zaključivanje je sposobnost koju treba razvijati u nastavi, pomaže u uočavanju ovisnosti i veza među veličinama i zaključivanju na temelju njih, te zahtijeva apstraktno mišljenje i kontrolu varijabli.

U razredu se proporcionalno zaključivanje razvija vježbom i razrednom diskusijom odgovarajućih primjera (npr. uz ABCD kartice) te sustavnom interpretacijom značenja matematičkih izraza, mjernih jedinica i slično. Sama manipulacija formula bez razumijevanja neće rezultirati napretkom u proporcionalnom zaključivanju. Mnogi se zadaci mogu riješiti na više načina, od kojih je jedan proporcionalnim zaključivanjem, koji je obično jednostavniji od drugih načina, poput računanja uvrštavanjem u formulu i slično. Cilj je u nastavi da djeca razviju intuiciju i da uvide koje zadatke mogu riješiti na jednostavniji način korištenjem primjerenih alata.

Koraci rješavanja zadataka uz proporcionalno zaključivanje su prepoznavanje funkcionalne ovisnosti dviju varijabli, zatim zaključivanje o smjeru promjene te na kraju o iznosu promjene. Ako se radi o promjeni dviju varijabli u zadatku, tada treba primijeniti kontrolu varijabli i svaku promjenu razmotriti zasebno, te pomnožiti pojedinačne rezultate promjena . [16]

7. Idealni plin temperature T zagrije se tako da se srednja kinetička energija nasumičnoga gibanja njegovih čestica udvostruči. Kolika je temperatura plina nakon zagrijavanja?

- A. $T/\sqrt{2}$
- B. $T\sqrt{2}$
- C. $2T$
- D. $4T$



Slika 32. Zadatak 7 i frekvencija odgovora, DM 2010./2011., ljetni rok

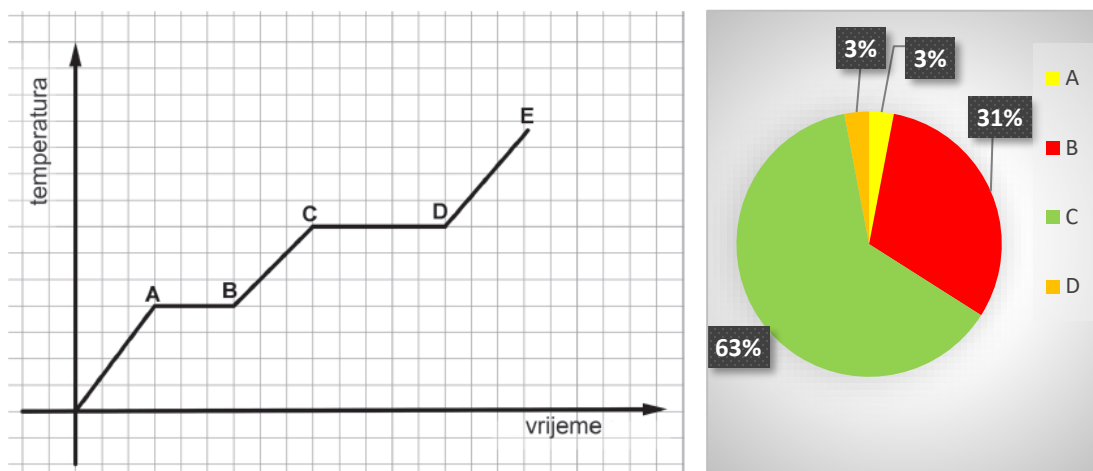
Formula koja povezuje srednju kinetičku energiju čestica i temperaturu je zadana u knjižici za formule, a učenici koji čak pogađaju odgovor mogu pogoditi odgovor na način da zaokruže C, jer vide faktor dva u pitanju. Možda bi riješenost bila manja kada bi jedan od ponuđenih odgovora bio $T/2$.

Zadaci proporcionalnog zaključivanja, koji sadrže samo jednu promjenu, obično imaju riješenost 40%-70%. Ako zadatak ima dvije primjene proporcionalnosti, riješenost pada te iznosi obično između 25% i 50%. U ispitima državne mature mnogo su češći zadaci u kojima se mijenja samo jedna varijabla, ali gotovo svake godine u ispitu se nalazi 1-3 zadatka s promjenom više varijabli, najčešće dvije. Riješenost zadataka s proporcionalnim zaključivanjem uvelike ovisi i o tome je li ovisnost linearna, jer ako učenici vide među odgovorima broj koji se nalazi u tekstu zadatka, najčešće zaokruže taj broj, ako ne provedu zaključivanje.

6.3.2. Zadaci koji sadrže grafove

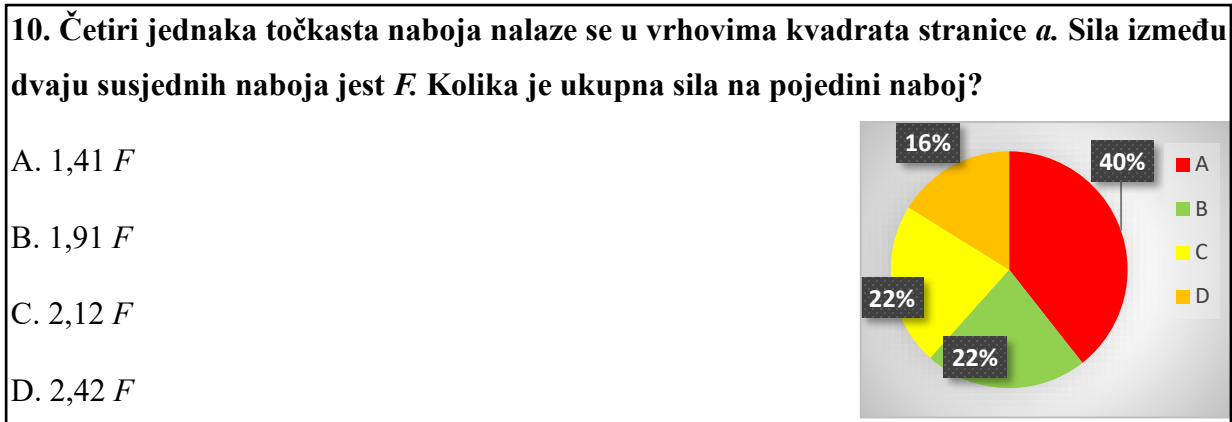
8. Na slici je prikazan fazni dijagram koji opisuje promjene agregacijskih stanja vode kada joj se stalno dovodi neka količina topline. Početna je temperatura leda $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kolika je temperatura t u točki C?

- 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 33. Zadatak 8 i frekvencija odgovora, DM 2019./2020., ljetni rok

Ovaj zadatak od učenika traži analizu grafičkog prikaza, povezivanje faznih prijelaza s dovedenom toplinom, te znanje da se vrijeme zagrijavanja može povezati s dovedenom toplinom. Učenici koji znaju čitati grafove te razumiju pojmove poput latentne temperature taljenja bez problema rješavaju ovakav tipičan zadatak za ovo gradivo. Sa Slike 12 vidimo da su zadaci s grafičkim prikazima među najbolje riješenim kategorijama zadataka na ispitima državne mature s najčešćim riješenostima između 50% i 70%, te se u svakom ispitu državne mature nalazi 4-7 takvih zadataka, što nije malen broj. Veseli da učenici relativno dobro rješavaju zadatke s grafičkim prikazima, mnogo se radi u svim sferama obrazovanja da učenici znaju čitati i interpretirati grafove zbog njihove sveopće prisutnosti u ljudskom životu.



Slika 34. Zadatak 10 i frekvencija odgovora, DM 2018./2019., ljetni rok

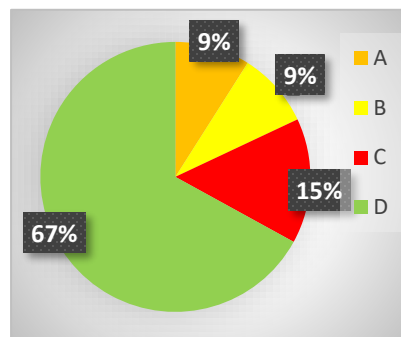
Ovaj zadatak većinom provjerava znaju li učenici zbrajati vektore. Od znanja elektrostatike mora se znati činjenica da istoimeni naboji djeluju jedni na druge odbojnom silom te činjenicu da na jedan naboj može silom djelovati više naboja, u kojem slučaju se doprinosi zbrajaju (princip superpozicije). Zatim treba odrediti iznose i smjerove svih sila koje djeluju na jedan od naboja i vektorski ih zbrojiti. Zadatak nije jednostavan, te ima više koraka i zahtijeva kompleksan račun. U svakom ispitu državne mature iz Fizike nalazi se 3-4 zadataka koji zahtijevaju od pristupnika znanje vektora, nekima je znanje vektora u fokusu, a u nekima je alat bez kojeg se ne može doći do točnog odgovora. Riješenost zadataka s vektorima obično je između 20% i 40%.

6.4. Analiza po Webbovim razinama

6.4.1. Zadatak prve Webbove razine

23. Što se emitira pri gama-raspadu?

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

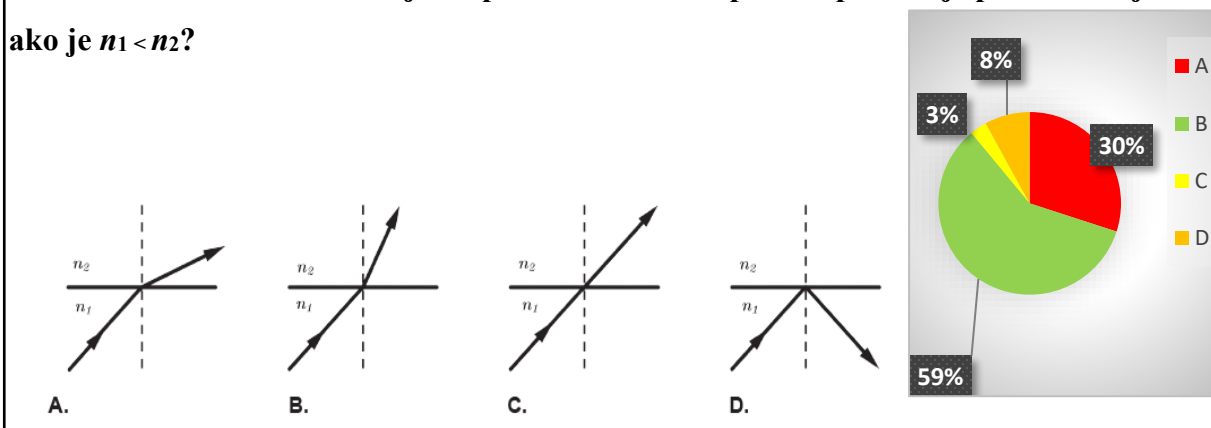


Slika 35. Zadatak 23 i frekvencija odgovora, DM 2020./2021., ljetni rok

Ovo je tipičan zadatak prve Webbove razine, niske kognitivne zahtjevnosti, jer se rješava u jednom koraku, koji je prisjećanje. Učenik odgovor na pitanje ili zna ili ne zna, a ako ne zna, onda možda pogađa točan odgovor. Vidi se po riješenosti da većina učenika ipak zna točan odgovor na navedeno pitanje. Takvi su zadaci većinom dobro riješeni, kako pokazuje Slika 13.

6.4.2 Zadatak druge Webbove razine

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 $n_1 < n_2$?



Slika 36. Zadatak 18 i frekvencija odgovora, DM 2020./2021., ljetni rok.

Ovaj zadatak provjerava znaju li učenici što se događa sa zrakom svjetlosti kada ona prelazi iz jednog optičkog sredstva u drugo. 8% učenika je smatralo da je došlo do totalne refleksije, no do nje može doći samo kada se ide iz optički gušćeg u optički rjeđe sredstvo. 89% učenika zna da se zraka svjetlosti lomi pod nekim kutom, no 30% ne zna kako povezati indeks loma i taj kut. Vjerujem da je dodatna komplikacija tim učenicima činjenica da u gotovo svakom školskom i udžbeničkom primjeru ulazna zraka dolazi odozgor. Da je zadatak bio zadan na taj način, riješenost bi vjerojatno bila veća, ali dobro je da je zadatak zadan ovako, jer se na taj način vidi bolja razlika između učenika koji razumiju i koji ne razumiju. Navedeni zadatak je druge Webbove razine zbog toga što se rješava u 3 koraka: koristi se model geometrijske optike, usporede se indeksi loma te se odredi preko Snellovog zakona ili kvalitativno je li kut loma manji ili veći od kuta upada.

6.4.3 Zadatak treće Webbove razine

34. Djevojčica mase 34 kg sjedi na lopti tako da je lopta potpuno uronjena u vodu. Koliki je polumjer lopte? Ukupna masa lopte iznosi 200 g. Zanimarite silu uzgona na djevojčicu.

30% osvojenih bodova.

Slika 37. Zadatak 34 i frekvencija odgovora, DM 2019./2020., ljetni rok

U ovome zadatku pristupnik mora nacrtati skicu, napraviti dijagram sila, primijeniti Newtonove zakone, adekvatno primijeniti izraze za težinu i silu uzgona te na kraju provesti račun. Naizgled jednostavan zadatak ima mnogo koraka, zahtijeva strateško razmišljanje te je konceptualno i proceduralno zahtjevan. Zbog svih tih razloga pristupnici su na njemu osvojili 30% dostupnih bodova što je tipična riješenost za zadatke treće Webbove razine. Nastavnici moraju poučavati svoje učenike strateškom razmišljanju i planiranju da bi kroz dugoročnu vježbu riješenost ovakvih zadataka rasla.

7. Zaključci i implikacije za nastavu

U ovome poglavlju razmotrit će se rezultati do kojih se došlo, interpretirati ih te pokušati dati sugestije o načinu nastave fizike koja bi mogla rezultirati boljim rezultatima na državnoj maturi i općenito kvalitetnijim znanjem fizike naših učenika srednjih škola.

Prema Slici 9, najviše zabrinjavajuća je činjenica koliko je mala riješenost zadataka iz dinamike. Dinamika je temelj srednjoškolske Fizike, obrađuje se u prvom razredu te se cijela nastava Fizike nadovezuje na znanja iz tog područja. Svi tipovi zadataka iz dinamike imaju malu riješenost, a posebno zadaci s Newtonovim zakonima, to jest, zadaci gdje je potreban dijagram sila pomoću kojega se pišu jednadžbe te zadaci koji ispituju konceptualno razumijevanje.

Da bi riješenost zadataka iz dinamike bila bolja nastavnici bi puno više morali raditi na temeljnim konceptima iz dinamike, uvijek iznova crtati dijagrame sila te ponavljati i diskutirati prijašnja znanja i učeničke ideje na svakom novom gradivu i zadatku. Također, učenje kroz eksperimente je ključalno za savladavanje gradiva, jer postoji mnogo učeničkih miskoncepcija, pogotovo oko Newtonovih zakona, koje se ne mogu promijeniti bez ozbiljnoga istraživačkog rada kroz pokuse.

Još jedna stvar koja bi mogla poboljšati riješenost zadataka iz dinamike je bolje savladavanje znanja o primjeni vektora. Vidi se sa Slike 12 da su zadaci koji sadrže vektore među najlošije riješenim zadacima na ispitima državne mature iz Fizike. Da se dobro savlada znanje o vektorima dio posla mora izvršiti nastavnik Fizike, ali i nastavnik Matematike. Oni zajedno moraju komunicirati, napraviti taktiku kako da se matematičko znanje o vektorima najbolje prenese u fiziku te da učenici to znanje usvoje.

Sljedeće najslabije riješeno područje je moderna fizika, koja je konglomerat mnogih ne tako sličnih dijelova fizike. U modernoj fizici kulminira svo srednjoškolsko znanje fizike te zapravo u tim nastavnim sadržajima na vidjelo dolaze sva znanja koja učenici do onda nisu usvojili.

Rezultati zadataka iz moderne fizike poboljšat će se kroz poboljšanje učeničkog znanja ostalih grana fizike. Kroz kontinuirani rad nastavnika, ako se znanja fizike dobro povezuju kroz različite nastavne sadržaje te se gradivo stvarno uvijek nadograđuje, a ne gradi iznova, znanje

fizike kulminirat će u modernoj fizici. Učenici koji su kontinuirano radili uz kvalitetno vodstvo nastavnika neće imati problema s tim zadacima.

Također, treba uzeti u obzir i činjenicu da se moderna fizika obrađuje u četvrtom razredu gimnazijskog programa, pred sam kraj srednjoškolskog obrazovanja. Tu učenici nemaju više elana za rad, mentalno su već pri kraju nastavne godine pa rade minimalno. Oni učenici koje Fizika zanima obično taj dio gradiva jako dobro usvoje, jer su teme u modernoj fizici jako zanimljive, ali prosječni učenik kojega Fizika ne interesira previše i nije joj se u potpunosti posvetio, a odabrao je pisati ispit državne mature iz Fizike, vjerojatno će loše riješiti te zadatke.

Elektromagnetizam je sljedeća loše riješena cjelina, što je razumljivo zbog njenog velikog opsega te zato što proučava pojave, koje učenici nisu dobro upoznali i istražili, i koristi pojmove koji su vrlo apstraktni. Cijeli moderan život čovjeka se bazira na elektromagnetizmu, no znanje elektromagnetizma najčešće ne utječe uvelike na svakodnevni život prosječnog čovjeka, koji se i bez njega može služiti raznim uređajima. Ipak, znanje elektromagnetizma potencijalno može biti jako važno, pa čak utjecati i na preživljavanje (npr. strujni udari, Faradayev kavez, itd)

Treba se osvrnuti i na zadatke sa strujnim krugovima. Ti su zadaci uvijek loše riješeni te su učenicima najčešće kognitivno zahtjevniji, a u ispitu državne mature zadaju se redovito jednostavniji zadaci sa strujnim krugovima. Gotovo u svakom ispitu državne mature nalazi se barem jedan zadatak sa strujnim krugom, ako ne čak i više njih.

Način na koji se riješenost zadataka sa strujnim krugovima može povećati je taj da učenici kroz pokuse svojim rukama vide i istraže što se i kako događa kada manipuliramo elementima strujnih krugova. Strujni krugovi su neki od najboljih alata za razvijanje razmišljanja i zaključivanja svih učenika, kroz pokuse i konceptualne zadatke. Kada bi se u školama rješavalo više zadataka sa strujnim krugovima, posebno kvalitativnih, uz diskusiju ideja i kvalitetno nastavnikovo vođenje kroz zaključivanje, učenici ne bi imali toliko problema s tim zadacima u maturi.

Sljedeća skupina zadataka s kojom učenici imaju problema u elektromagnetizmu su zadaci o gibanju nabijenih čestica u magnetskom polju. Razlog težine tih zadataka su ponovno vektori. Ovdje učenici moraju znati koristiti pravilo desne ruke za određivanje smjera djelovanja

magnetske sile te obratiti pažnju na još mnogo uvjeta poput kutova između vektora, predznaka naboja i slično.

Ostale cjeline u prosjeku imaju zadovoljavajuće prosječne riješenosti zadataka. Ako se nastavnici odluče na učenje istraživanjem, koriste pokuse u nastavi, rješavaju kvalitetne zadatke slične onima u maturi, postavljaju u nastavi i u pisanim provjerama dobra pitanja, sigurno će njihovi učenici bolje riješiti ispit državne mature iz Fizike.

Prema Slici 12 vidimo da od posebno izdvojenih kategorija najveću riješenost imaju zadaci koji sadrže grafičke prikaze. To čudi, nastavnici su mišljenja da učenici loše savladavaju takve zadatke, da im je teško čitati grafičke prikaze te iz njih izvlačiti podatke. Unatoč tome ti zadaci imaju višu riješenost od ostalih kategorija. Da su zadaci takvi da učenici moraju crtati svoje grafičke prikaze ili analizirati nagibe i površine ispod grafova, vjerojatno bi bili lošije riješeni od ovih, no takvi se zadaci za sada ne nalaze u maturi. Svejedno, dobro je da je riješenost takvih zadataka velika zbog velike okruženosti grafičkim prikazima u praktičnom životu te je čitanje grafičkih prikaza dobra vještina koju učenici moraju naučiti na satovima Fizike, ali i na satovima ostalih predmeta.

Proporcionalno zaključivanje se mora razvijati kroz nastavu, pomaže u uočavanju ovisnosti i veza među veličinama te nije jednostavno zbog toga što zahtjeva apstraktno mišljenje i kontrolu varijabli. Ono je jedna od ključnih matematičkih veza koju će učenici koristiti kroz cijelo školovanje, a i život te je vrlo bitno da se učenici tim alatima mogu služiti.

Proporcionalno razmišljanje povezano je i s formalnim mišljenjem koje, ako se vježba, omogućuje logičko rješavanje apstraktnih i hipotetičkih problema. Ono je nužan dio znanstvenog zaključivanja i trebao bi se razvijati u školovanju kroz predmete poput Fizike, Kemije, Matematike i slično. [16]

Zadaci proporcionalnog zaključivanja riješeni su nešto lošije od zadataka s grafičkim prikazima. Prvi je razlog tome da se takvi zadaci vjerojatno ne rješavaju dovoljno u nastavi te učenici nisu na njih navikli. Također, učenici takve zadatke rješavaju često na način da u odgovoru potraže broj koji se ponovi u tekstu zadatka, dok se ne gleda je li taj broj u brojniku, nazivniku, pod kvadratom ili slično. To su u pravilu jednostavni zadaci te bi ih mnogo više nastavnika trebalo ukomponirati u svoju nastavu, pa bi i rezultati mature zasigurno bili bolji.

Valja se osvrnuti na još jednu vrstu zadataka u maturi, a to su zadaci koji se ponavljaju. Gotovo svake godine u maturu se stavi barem jedan zadatak koji je vrlo sličan zadatku koji je bio u ispitu prijašnjih godina, najčešće godinu prije. Riješenost takvih zadataka naredne godine poraste za 5-7%. To nam samo govori o tome da učenici u svojoj pripremi za maturu nisu rješavali ispite od prošlih godina, ili, što je još gore, ako ih jesu rješavali i pogriješili u nekom zadatku, nisu provjerili zašto su tu grešku napravili te nakon toga riješili zadatak točno. Ovdje nema neke konkretne upute za nastavnike kojom će se riješenost takvih zadataka povećati. Učenicima se treba čim prije usaditi navika da ako krivo riješe zadatak ne odustanu od njega. Potrebno je pronaći uzrok pogreške, raditi na uzroku, pa se greške više neće događati u budućim zadacima koje će učenici rješavati.

Treba napomenuti da postoji značajan broj maturanata koji pišu mnoge izborne ispite državne mature zato što su im potrebni za neki fakultet ili smjer koji im nije prvi izbor. Mnogi učenici tako izlaze na ispite izbornih predmeta, među kojima je i Fizika, bez velike pripreme, jer će im možda rezultati utjecati na upis neprioritetnog smjera, ako ne uspiju upisati studije s većim prioritetom. To je možda jedan od uzroka velikog broja ocjena nedovoljan (1) i dovoljan (2) koje učenici dobivaju iz ispita državne mature iz Fizike, ali vjerojatno ne glavni.

Ono što bi poboljšalo učeničke rezultate iz ispita državne mature iz Fizike, ali zasigurno i iz ostalih ispita državne mature bila bi poboljšana komunikacija i suradnja između nastavnika različitih predmeta. Često se neki zadatak iz fizike ne može riješiti do kraja zbog nedostataka matematičkih alata, dok nekim zadacima iz matematike često nedostaje kontekst i svrha koja se može naći u ostalim predmetima. Vektori, grafovi i funkcije samo su neka znanja koja su zajednička i matematičarima i fizičarima. Dobra suradnja među nastavnicima mogla bi učenicima puno pomoći u savladavanju tih, ne tako jednostavnih gradiva. Nastavnici kemije i fizike mogu na primjer surađivati u gradivu termodinamike te o povijesti razvoja modela atoma.

Nastavna praksa, koja bi zasigurno povećala riješenost ispita, bila bi rješavanje zadataka u skupinama. Na nastavnim satovima gdje se vježbaju zadaci učenike bi trebalo podijeliti u skupine od 4 do 6 učenika. Daje im se uputa da rješavaju zadatke i međusobno si pomažu i komuniciraju, a nastavnik obilazi skupine i pomaže potpitanjima kada učenici zapnu. Takav rad dobar je za razvijanje komunikacije između učenika općenito, lošijim učenicima koristi to da im bolji učenici mogu pomoći s rješavanjem zadataka, a dobri učenici napreduju tako da objašnjavaju

zadatke lošijima. Razredi s takvom vrstom rada mnogo se bolje snalaze u novim situacijama te imaju bolje rezultate na ispitima. [16]

Jako dobra nastavna metoda je i rješavanje konceptualnih zadataka s karticama. Pred učenike se postavi zadatak zatvorenog tipa s ponuđenim odgovorima te im se daje uputa da s okolnim učenicima rasprave o točnom odgovoru. Nakon nekog vremena učenici podižu karticu s odgovorom za koji smatraju da je točan te gledaju koji su odgovor podigli drugi učenici u razredu. Nastavnik poziva više učenika da objasne svoj izbor za svaki podignuti odgovor. Nakon što učenici objasne svoje odabire, daje im se uputa da se konzultiraju sa susjedima te da ponovo podignu karticu s odgovorom za koji misle da je točan. Takva nastavna metoda je dobra zbog toga što su svi učenici uključeni u razmišljanje i proces zaključivanja te raspravljaju s kolegama o odgovorima i mogu lakše prihvatiti njihovo razmišljanje. Vrlo je dobro i to da se konceptualni zadaci pojavljuju u maturi kao zadaci zatvorenoga tipa, nastavnici lako mogu i uzeti zadatke iz mature kao primjere na satu i tako učenike pripremati i na taj dodatni način za ispit državne mature iz Fizike. [16]

Jedan od najvećih razloga lošijih rezultata na ispitu iz državne mature iz Fizike, ali i u ostalim ispitima je to što učenici ne uče s razumijevanjem. Učenici se trude pronaći jednostavnije i lakše puteve da riješe neke zadatke i dođu do rješenja bez pravog razumijevanja zadatka. Na tome se treba raditi kroz cijelo učenje fizike, nastavnik mora naći načine da usadi takvo razmišljanje učenicima. Jedan od najboljih načina za poboljšanje razumijevanja je istraživački usmjerena nastava. U procesu istraživanja učenici sami, ali uz pomoć i usmjeravanje nastavnika dolaze do zaključaka, otkrivaju nove ideje i pravilnosti, te sami osmišljavaju strategiju kako će doći do novih znanja. U istraživački usmjerenoj nastavi Fizike vrlo važnu ulogu ima eksperiment. Učenici pomoću eksperimenta upoznaju pojave i dolaze do novih zaključaka i znanja. Nastavnikova je dužnost kontinuirano pratiti kako učenici rade, postavljati dobra potpitanja kojima oni lakše dolaze do znanja koje ih žele naučiti. Istraživački usmjerena nastava od nastavnika zahtjeva mnogo više pripreme od tipične predavačke nastave, no mora se čim više koristiti u školama, jer je učinkovitija, a i propisana nacionalnim kurikulumom Fizike. Tako će učenici zasigurno brže i bolje napredovati te imati više znanja te razvijene strategije razmišljanja koje će rezultirati boljom riješenosti pisanih provjera, uključujući i ispit državne mature.

8. Literatura

- [1] Stranica Vlade Republike Hrvatske o ispitu državne mature <https://gov.hr/hr/drzavna-matura/1036> , 30.6.2023.
- [2] Podaci o riješenosti ispita državne mature, statistička i psihometrijska analiza <https://www.ncvvo.hr/statisticka-i-psihometrijska-analiza-ispita-drzavne-mature-u-sk-god-2020-2021/> , 30.6.2023.
- [3] Podaci o riješenosti ispita državne mature, statistička i psihometrijska analiza <https://www.ncvvo.hr/statisticka-i-psihometrijska-analiza-ispita-drzavne-mature-u-sk-god-2019-2020/> , 30.6.2023.
- [4] Podaci o riješenosti ispita državne mature, statistička i psihometrijska analiza <https://www.ncvvo.hr/statisticka-i-psihometrijska-analiza-ispita-drzavne-mature-u-sk-god-2018-2019/> , 30.6.2023.
- [5] Podaci o riješenosti ispita državne mature, statistička i psihometrijska analiza <https://www.ncvvo.hr/statisticka-i-psihometrijska-analiza-ispita-drzavne-mature-u-sk-god-2017-2018/> , 30.6. 2023.
- [6] Podaci o riješenosti ispita državne mature, statistička i psihometrijska analiza <https://www.ncvvo.hr/izvjestaj-provedbi-rezultatima-drzavne-mature-sk-god-2016-2017/> , 30.6.2023.
- [7] Podaci o riješenosti ispita državne mature, statistička i psihometrijska analiza <https://www.ncvvo.hr/izvjestaj-provedbi-rezultatima-drzavne-mature-sk-god-2015-2016/> , 30.6.2023.
- [8] Podaci o riješenosti ispita državne mature, statistička i psihometrijska analiza <https://www.ncvvo.hr/rezultati-ispita-drzavne-mature/> , 30.6.2023.
- [9] Podaci o riješenosti ispita državne mature, statistička i psihometrijska analiza <https://www.ncvvo.hr/rezultati-ispita-drzavne-mature-u-ljetnome-roku-skol-god-2013-2014/> , 30.6.2023.

- [10] Podaci o riješenosti ispita državne mature, statistička i psihometrijska analiza <https://www.ncvvo.hr/drzavna-matura-2012-2013-dokumenti/> , 30.6.2023.
- [11] Podaci o riješenosti ispita državne mature, statistička i psihometrijska analiza <https://www.ncvvo.hr/drzavna-matura-2011-2012-dokumenti/> , 30.6.2023.
- [12] Podaci o riješenosti ispita državne mature, statistička i psihometrijska analiza <https://www.ncvvo.hr/dm-2010-2011-ljetni-rok/> . 30.6.2023.
- [13] Podaci o riješenosti ispita državne mature, statistička i psihometrijska analiza <https://www.ncvvo.hr/dm-2009-2010-ljetni-rok/> , 30.6.2023.
- [14] Podaci o riješenosti ispita državne mature, statistička i psihometrijska analiza <https://www.ncvvo.hr/wp-content/uploads/2020/09/FIZIKA-2021.pdf> , 3.7.2023.
- [15] Podaci o riješenosti ispita državne mature, statistička i psihometrijska analiza <https://www.ncvvo.hr/statisticka-i-psihometrijska-analiza-ispita-drzavne-mature-u-sk-god-2021-2022/> , 14.7.2023.
- [16] Planinić, M. Skripta iz Metodike nastave fizike 1, <https://metodika.phy.hr/claroline/claroline/course/index.php?cid=MET1N>, 1.8.2023.
- [17] Webb, N. L., [Depth-of-Knowledge Levels for Four Content Areas March 28, 2002](http://ossucurr.pbworks.com/w/file/fetch/49691156/norm%20web%20dok%20by%20subject%20area.pdf), <http://ossucurr.pbworks.com/w/file/fetch/49691156/norm%20web%20dok%20by%20subject%20area.pdf> 1.8.2023.
- [18] Ispitni katalog za državnu maturu iz Fizike <https://www.ncvvo.hr/wp-content/uploads/2022/09/FIZ-2023.pdf>, 3.7.2023.