

# Edukacijske pretpostavke za usvajanje osnovnih i izvedenih fizikalnih mjernih jedinica

---

Vinković, Dražen

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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:217:981491>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-13**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
FIZIČKI ODSJEK

Dražen Vinković

EDUKACIJSKE PRETPOSTAVKE ZA  
USVAJANJE OSNOVNIH I IZVEDENIH  
FIZIKALNIH MJERNIH JEDINICA

Diplomski rad

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET

FIZIČKI ODSJEK

SMJER: PROFESOR FIZIKE I POLITEHNIKE

**Dražen Vinković**

Diplomski rad

**Edukacijske pretpostavke za usvajanje  
osnovnih i izvedenih fizikalnih mjernih  
jedinica**

Voditelj diplomskog rada: prof.dr.sc. Darko Androić

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

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

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

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

4. \_\_\_\_\_

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

Zagreb, 2016.

Zahvaljujem mentoru prof. dr. Darku Androiću na razumijevanju, strpljenju i pomoći u izradi ovog diplomskog rada.

Zahvaljujem učenicima koji su sudjelovali u ovom istraživanju.

## Sažetak

Krajem prošlog i početkom ovog stoljeća edukacijska istraživanja u fizici bude sve veći interes fizičara diljem svijeta. Mnogobrojna istraživanja koja se provode, doprinose sve boljem razumijevanju učeničkih poteškoća u svladavanju fizikalnih koncepata.

Među najvažnijim otkrićem tih istraživanja je i činjenica da već, i prije nego što počnu formalno učiti fiziku, djeca imaju razvijen skup intuitivnih ideja o fizikalnim pojavama koje su razvili na temelju vlastitog iskustva. Te intuitivne ideje nazivamo predkonceptijama. Imajući na umu da je fizika u dobrom dijelu apstraktna znanost ova učenička intuitivna poimanja često su u sukobu s ispravnim, fizikalnim tumačenjima, te kao takve mogu predstavljati veliki problem pri usvajanju sadržaja fizikalnog kurikula. Problemi učeničkih predkonceptija orijentiraju istraživače prema traženju metoda za njihovo rano otkrivanje i načina kako preoblikovati predkonceptije u ispravni znanstveni koncept. Da bi se to ostvarilo, potrebna je i implementacija novih metodičkih rješenja.

Ovim se diplomskim radom nastoje prepoznati neke od tih predkonceptija u području razumijevanja fizike s obzirom na problem poimanja osnovnih mjernih jedinica te pretpostavki za usvajanje izvedenih mjernih jedinica, a u svrhu modeliranja novih ili mijenjanja starih načela poučavanja.

Istraživanje je provedeno testiranjem grupe od 63 učenika sedmih razreda kojima zahvaljujem na suradnji i pomoći.

## Sadržaj

<b>Uvod</b> .....	1
<b>1. Povijesni razvoj fizike</b> .....	2
<b>2. Nastava fizike</b> .....	6
2.1. <i>Povijest nastave fizike</i> .....	6
2.2. <i>Tradicionalna nastava fizike</i> .....	6
2.3. <i>Predkonceptije u mehanici</i> .....	6
2.4. <i>Konstruktivistički pristup nastavi fizike</i> .....	7
2.5. <i>Faze kognitivnog razvoja</i> .....	8
2.6. <i>Oblici učenja – podjela prema Bloomu</i> .....	10
2.7. <i>Problemi koji utječu na nastavu fizike u osnovnoj školi</i> .....	12
2.7.1. <i>Čitanje s razumijevanjem</i> .....	12
2.7.2. <i>Osnovne matematičke operacije</i> .....	13
2.7.3. <i>Linearna jednadžba s jednom nepoznanicom</i> .....	14
<b>3. Međunarodni sustav mjernih jedinica – SI</b> .....	15
3.1. <i>Osnovne SI jedinice</i> .....	16
3.2. <i>Izvedene SI jedinice korištene u ovom radu</i> .....	17
<b>4. Konceptualni test</b> .....	20
4.1. <i>Konstruiranje konceptualnog testa</i> .....	20
4.2. <i>Primjena konceptualnog testa</i> .....	21
4.3. <i>Analiza dobivenih rezultata</i> .....	22
4.4. <i>Pojedinačna analiza zadataka</i> .....	23
4.5. <i>Zaključna analiza zadataka</i> .....	33
<b>Zaključak</b> .....	35
<b>Literatura</b> .....	36
<b>Reference</b> .....	36
<b>Prilog</b> .....	37

## Uvod

Od nastanka prvih civilizacija čovjek je imao brojna pitanja na koja nije znao odgovore. No, postojala je trajno prisutna znatiželja i zanimanje kako doći do odgovora na ta pitanja. Najveći dio tih pitanja odnosio se na prirodu i prirodne pojave samim time što su te pojave bitno utjecale na život. Pokazalo se da ljudi često ne mogu dati pravi odgovor na takve pojave pa su tako njihova objašnjenja pogrešna ili čak nadnaravne prirode. Zahvaljujući toj znatiželji, čovjek je krenuo u potragu za znanjem. Kroz povijest se pokazalo da objašnjenja fizikalnih pojava ponekad mogu dovesti do krivih zaključaka. Danas je smiješna ideja Zemlje kao ravne ploče iako je ta teorija imala svoje argumente. Sva kretanja nebeskih tijela mogla su se matematički opisati. Istina, kretala su se malo kompliciranijim putanjama. Brojni temeljni fizikalni pojmovi su bili predmet žučnih diskusija i razilaženja tijekom cijele povijesti, a mnogi od tih pojmova su i danas neriješeni do kraja.

Što se tiče implementacije suvremene fizike u sustavu obrazovanja, javljaju se problemi usvajanja fizikalnih koncepata. Najveći problem čine čovjekove intuitivne ideje ili predkonceptije, koji su duboko ukorijenjeni u čovjekovo razmišljanje. Kako bi se usvojilo znanje i izgradili ispravni koncepti, bitno je prepoznati te predkonceptije i smanjiti njihov utjecaj.

U sustavu odgoja i obrazovanja nastoji se mlade naraštaje obučiti i pripremiti za samostalan rad u današnjem modernom društvu. Dostupnost informacija danas je veća no ikad, no, usprkos tome, događa se da iz školskih klupa izlaze nezainteresirani mladi ljudi koji ne nose operativno znanje i izgrađene koncepte te nemaju razvijeno kritičko mišljenje i stavove.

Poznavanje mjernih jedinica ključno je za rješavanje zadataka u fizici. Neke od osnovnih mjernih jedinica spominju se u nižim razredima. S pojmom vremena učenici se susreću u drugom razredu osnovne škole u predmetu priroda i društvo. Pojmovi mjerenje dužine, mjerenje obujma tekućine i mjerenje mase u predmetu matematika obrađuju se u trećem razredu, a pojam ploštine tijela i obujma kocke u četvrtom razredu osnovne škole. Pojmovi proporcionalnosti i obrnute proporcionalnosti po programu se obrađuju u sedmom razredu, no učenici se često susreću s tim pojmovima i ranije u svakodnevnim situacijama.

Ovaj diplomski rad posvećen je istraživanju poteškoća učenika pri usvajanju fizičkih koncepata s obzirom na problem poimanja osnovnih mjernih jedinica te pretpostavki za usvajanje izvedenih mjernih jedinica, a u svrhu modeliranja novih ili mijenjanja starih načela poučavanja.

Istraživanje je provedeno testiranjem učenika sedmih razreda. Zahvaljujem svim učenicima i njihovim učiteljima koji si mi omogućili da provedem istraživanje, jer bez njihove pomoći ovaj rad ne bi bio moguć.

## Povijesni razvoj fizike

Početak razvitka znanosti, a samim time i fizike, mora se tražiti u najstarijem razdoblju ljudskog postojanja. Svako drukčije sagledavanje razvitka znanosti, koje bi početak uočavalo na nekom razvijenijem stupnju razvitka čovječanstva, izazvalo bi dojam da su pojedine znanstvene spoznaje nastale naglo. Dobro znamo da nije tako i da su fizikalna znanja nastala postupno, u dugom procesu razvitka ljudskih aktivnosti, a kasnija su znanja samo logičan nastavak već prijedena razvojnog puta. Početak znanosti nije određen nekom godinom, pa čak ni nekim kratkim vremenskim razdobljem. Početak znanosti smještamo u dugo razdoblje stvaranja prvih pojmova, u vrijeme kad je čovjek pokušao riješiti bezbrojne probleme života. Čovjekova goloruka bitka s prirodom nije mu davala velike nade da se u toj bitci održi, ili se održavao uz velike gubitke. Bitna promjena nastaje onda kad je čovjek uvidio da je životinju lakše dotući nekom motkom pronađenom u prirodi, nego se boriti s njom golih ruku. Također je uvidio da motkom može lakše dohvatiti plodove na stablu, nego penjanjem po drvu ili čekanjem da plodovi padnu na tlo. Upotrijebljena motka je zapravo ništa drugo nego produžena ruka, tako da čovjek ustvari nije smislio ništa posebno - samo je oponašao prirodu. Ipak, ta rješenja nisu bila lagana i zahtijevala su ogroman napor, jer čovjek sigurno nije odmah upotrijebio motku na najbolji mogući način. Moralo je biti bezbroj pokušaja dok čovjek nije pronašao zadovoljavajuće rješenje. Čovjek je, stotinama, a i tisućama godina, stjecao iskustva nalazeći sve bolja i prikladnija rješenja. Ta prva razdoblja su začeci nastanka znanosti koja je nastala prvenstveno iz praktičnih razloga - efikasnija borba s prirodom, hranjenje, preživljavanje, potrebni alati, oruđa (motika, toljaga, kuka, poluga, luk i strijela ...). Čovjek je time riješio mnoge životne probleme i tako si olakšao život. Sve probleme je pokušavao riješiti na različite načine, metodom pokušaja i pogrešaka, a najpovoljnije rješenje je otkrio empirijski. Znao je npr. kako funkcionira poluga iako nije znao zašto je to tako. Dakle, čovjek nije znao fizikalne zakone, ali ih je nesvjesno upotrebljavao jer je empirijski spoznao njihovu praktičnu upotrebu. Osim praktičnih razloga, znanost je nastala i zbog potrebe mjerenja. Kad je čovjek počeo držati domaće životinje, nije mu bilo svejedno hoće li neka od njih odlutati ili će ju možda pojesti divlja zvijer - tako je postupno naučio prebrojavati životinje. Također, čovjek je postupno prelazio s nomadskog na sjedilački način života, te se javila potreba za mjerenjem teritorija. Bitan razlog nastanka znanosti su i čovjekove primitivne predodžbe. Živeći u prirodi, čovjek je opažao mnoge prirodne pojave kojima nije znao točan uzrok: izmjena dana i noći, izmjena godišnjih doba. Počeo je pratiti te cikličke pojave i pokušavao ih opisivati. Čovjek je kroz povijest stvarao različite predodžbu o svijetu. Npr. Sunce je kod svih primitivnih naroda imalo važnu ulogu i obično su ga promatrali kao božanstvo. Prirodne su pojave oduvijek impresionirale ljude pa se neobičnim astronomskim pojavama često pridavalo posebno značenje. Svemu onome što nije bilo redovito, npr. pomrčine, repatice, oluje, munje, gromovi, pridavalo se veliko značenje. U prvim erama čovjekova postojanja znanja su bila ograničena na skup nepovezanih činjenica. Ta



su znanja bila konkretna i dobivena empirijski. Ipak, širina znanja je bilo puno veća nego što se obično misli i to su zapravo prvi počeci nastanka i razvitka fizike.

Iako se znanost, pa tako i fizika, a naročito mehanika i astronomija, javljaju vrlo rano, njihov je pravi procvat u antičkoj Grčkoj, jer se tada počinju javljati nove ideje i pokušaji razumijevanja prirode. Fizika je u to vrijeme najviše uznapredovala, no mnoga znanja i koncepti o prirodi nisu tada samonikli nego su naslijeđeni od starijih civilizacija, te često interpretirana na nov način. Mnogi su začetnici fizikalne misli (Aristotel, Arhimed, Eratosten, Tales, Leukip, Demokrit, Epikur...) rođeni upravo u Grčkoj, u razdoblju 8. - 4. st. pr. Kr., pa se smatra da su ondje udareni temelji učenju o prirodi kakve i danas poznajemo.

Najznačajniji je predstavnik toga razdoblja Aristotel koji je udario temelj razvoju znanosti kakvu danas poznajemo. Aristotel razlikuje prirodna gibanja i nasilna gibanja za koja je uvijek potrebna sila. Smatra da postoji razlika zemaljskog i nebeskog područja za koja vrijede različite fizike. U tumačenju prirode Aristotel počinje koristiti pojmove koje danas poznajemo kao fizičke veličine, kao put, brzina, otpor, a uvodi i mnoge koncepte značajne za Aristotelovsku filozofiju, poput pokretačke sile, koncepta težine i lakoće. Iako je Aristotelova fizika bila kvalitativna i spekulativna, imala je velik utjecaj na razvoj znanosti.

Od 14. do 16. stoljeća nastupa vrijeme jednoga od najznačajnijih pokreta u kulturi zapadne Europe, koji je označio završetak srednjega vijeka i doveo do preokreta u znanosti, filozofiji i umjetnosti. To je vrijeme renesanse ili preporoda. U renesansi se razvijaju gradovi, trgovina i promet, raste broj stanovnika, povećava se značaj novca, nastaju prve manufakture te raspadom feudalnoga nastaje novo, građansko društvo. U renesansi se rađa racionalno i znanstveno shvaćanje svijeta. Nosioци su nove renesansne kulture bili humanisti koji su kulturu usmjerenu prema čovjeku suprotstavljali skolastičkoj znanosti i teologiji. Središte univerzuma više nije Bog, nego čovjek – univerzalno obrazovani humanist, predstavnik novčane i intelektualne elite. Renesansa je vrijeme velikih otkrića: istraživači Kristofor Kolombo, Vasco da Gamma, Ferdinand Magellan i dr. otkrili su nove kontinente i nove zemlje. Brojnim je istraživačkim pothvatima moreplovaca dokazano da je Zemlja okrugla čime je omogućeno novo shvaćanje svemira.

Veliki doprinosi renesanse nastaju u domeni astronomije i konačno dovode do napuštanja tisućljetnih učenja Aristotela i Ptolomeja te razvijanja novoga, temeljno različitoga pogleda na mjesto čovjeka u svemiru. Nikola Kopernik zagovara heliocentrični model svemira. Utvrđuje postojanje trostrukoga gibanja Zemlje: njezinu rotaciju oko osi, revoluciju (tj. gibanja Zemlje oko Sunca) i precesiju Zemljine osi.

Nakon renesanse u 17. st. nastupa u zapadnoeuropskoj kulturi tzv. vrijeme racionalizma. Ono prethodi pokretu prosvjetiteljstva koje je obilježilo 18. stoljeće. U 17. st. su postavljeni temelji klasične fizike. „Ocem fizike“ i „svjetlom novog doba“ često se naziva Galileo Galilei, čovjek koji

je počeo izgrađivati novu fiziku temeljenu na pokusu i matematičkom opisu. To je čovjek koji je prvi uveo eksperimentalnu metodu, pokus ustanovio metodom znanstvenoga istraživanja i započeo matematičko formuliranje fizikalnih zakona, pa se zato smatra osnivačem klasične fizike i mehanike. U to vrijeme djeluje i, po mnogima, najveći fizičar i znanstvenik koji je ikad živio Isaac Newton. Kulminacija je fizike 17. st. bila izdavanje njegove „Principie“ iz 1687. godine u kojoj su definirani temeljni pojmovi i formulirana nova slika svijeta. Jedan od najvećih znanstvenih genija svih vremena Isaac Newton, svojim je djelom „Matematička načela prirodne filozofije“ zauvijek promijenio mehaniku i cjelokupnu fiziku. Svoje izučavanje mehanike Newton utemeljuje na poznavanju djela slavnih prethodnika; objedinjuje spoznaje Galileija i Keplera u jednu teoriju gravitacije i postavlja temelj klasičnoj mehanici. Definira ključne pojmove mehanike: masu, količinu gibanja, silu i tromost, te formulira tri osnovna zakona gibanja. Koristi latinski pojam *gravitas* za učinak koji danas zovemo silom težom i definira zakon opće gravitacije. Iako je mnogima zvučalo suviše tajanstveno, Newton postulira gravitaciju kao nevidljivu silu koja djeluje na daljinu. Pojam sile kakav danas poznajemo, kao djelovanje koje mijenja stanje gibanja tijela, proizlazi iz Newtonova koncepta sile, iz Newtonove dinamike.

Analitičke se metode mehanike, razvijene u 18. st., tijekom 19. st. počinju primjenjivati i na istraživanje fizikalnih pojava. Koncepti o energiji u drugoj su polovici 19. st. uzrokovali do tada najveću ekspanziju fizike, kao i preispitivanje tradicionalnih ideja o fizičkom svijetu. Newtonova fizika dobiva naziv klasična fizika. U fizici 19. stoljeća težilo se objašnjenju svih fizikalnih područja pomoću mehanike, a sve se više stvaralo uvjerenje da je 19. stoljeće steklo konačna i sigurna znanja u fizici koja se više neće mijenjati nego samo dopunjavati novim istraživanjima. Smatralo se da su pronađeni fizikalni zakoni, zajedno s onima koji će se tek pronaći, dovoljni za određenje budućeg razvitka svijeta. 19. stoljeće je vrijeme teorija i eksperimentalnih doprinosa o izmjenjivosti mehaničke, kemijske, električne energije i topline, odnosno rada. Oblikuju se zakoni termodinamike, uvodi pojam entropije i utemeljuje statistička fizika. Također, na samome početku 19. st. dolazi do spoznaje o povezanosti električnih i magnetskih pojava, što je nakon Newtonova ukidanja Aristotelove „nebeske i zemaljske fizike“, vodilo prema drugom velikom ujedinjenju sila u povijesti fizike. Uvodi se koncept polja i uobličuje klasična elektrodinamika. Vrhunac fizičkih teorija, a ujedno i uvod u elektrotehničku revoluciju, bio je koncept svjetlosti kao prijenosa energije u vidu elektromagnetnog vala, te otkriće elektromagnetnog zračenja. Najveći mislilac tog vremena je zasigurno James Clerk Maxwell, koji po svojim zaslugama i otkrićima stoji uz bok Newtonu. Otkriće zakona elektromagnetizma i elektromagnetskih valova, kao i njegovo statističko tumačenje ustrojstva tvari, temelj su gotovo cjelokupnog današnjeg tehnološkog napretka: od novih vrsta materijala do suvremene računalne i komunikacijske visoke tehnologije.

Krajem 19. stoljeća fizika je trijumfirala u svojoj uvjerenosti da se postignuta znanja neće osporiti. Fizičari su bili neograničeno samouvjereni u sigurnost svojih znanja. Smatralo se kako su svi važni problemi fizike riješeni te da fizičari nemaju osobito što više za otkriti. Ali takva radost

bila je kratkotrajna. Već početkom 20. stoljeća uslijedila su neka otkrića koja su pokolebala tadašnju sigurnost i samouvjerenost te donijela povijesne prevrate u shvaćanju prirode. Najveći od njih su bili teorija relativnosti i kvantna fizika. Kasnije je uslijedio još veći, eksponencijalni razvoj spoznaja iz fizike i znanosti općenito, te je 20. stoljeće razdoblje mnogih tehnoloških revolucija.

Albert Einstein je 1905. u samo nekoliko mjeseci objavio pet kapitalnih znanstvenih radova. U specijalnoj teoriji relativnosti proširio je zakone gibanja na pojave pri velikim brzinama, bliskima brzini svjetlosti. Istodobno je otkrio i postojanje formule za energiju mirovanja tijela, ovisnu o masi,  $E_0 = mc^2$ , koja skriva tajnu goleme nuklearne energije. Osim toga, poopćio je Planckovu ideju o kvantizaciji energije: postavio je hipotezu da je svako elektromagnetsko zračenje kvantizirano, tj. da ima osnovne kvante energije – fotone. Tom je smjelom pretpostavkom potvrdio kvantnu hipotezu i postavio temelje kvantnoj fizici. Objasnio je i Brownovo gibanje i time udahnuo vjerodostojnost svim ranijim hipotezama o atomskom i molekulskom ustrojstvu tvari. Svoj doprinos fizici okrunio je općom teorijom relativnosti, u kojoj je zakone gravitacijskog privlačenja povezao sa svojstvom inercije, i time otvorio put suvremenoj astrofizici i kozmologiji, novom poglavlju u fizici, posvećenom svojstvima svemira kakvog danas poznajemo, ali i njegovoj prošlosti i budućnosti.

Tijekom ovoga stoljeća došlo je i do velikih otkrića o strukturi atoma: 1911. godine Ernest Rutherford otkriva atomsku jezgru sastavljenu od pozitivnih protona, a 1932. godine James Chadwick otkriva neutron.

Početkom su 20. st. Max Planck, Albert Einstein, Niels Bohr i drugi razvili temeljne elemente kvantne teorije da bi objasnili nekonzistentnosti nekih fizikalnih eksperimenata, a 1925. godine su Werner Heisenberg i Erwin Schrödinger formulirali kvantnu mehaniku. Razvoj je kvantne mehanike tijekom 20. st. doveo do stvaranja moćnih teorijskih alata za nastanak i razvoj novih područja fizike. Fizika čvrstoga stanja počinje izučavati fizička svojstva kristala i tekućina, kristalne strukture te, nešto kasnije, poluvodiče i pojavu supravodljivosti.

Prije Drugoga svjetskog rata i za vrijeme njegova trajanja provode se intenzivna istraživanja u području nuklearne fizike s ciljem dobivanja nuklearnoga oružja. Saveznički projekt Manhattan, predvođen Enricom Fermijem, prvi je ostvario taj cilj: 1942. godine postignuta je prva nuklearna lančana reakcija, a 1945. godine je u New Mexicu (SAD) izvedena prva atomska eksplozija.

Tijekom 20. st. se razvija i kvantna teorija polja koja ujedinjuje kvantnu mehaniku i specijalnu teoriju relativnosti. Svoj suvremeni oblik dostiže polovicom 20. st. u radovima Feynmana i drugih. Kvantna je teorija polja osigurala kvalitetan okvir za razvoj fizike elementarnih čestica, koja izučava fundamentalne sile i elementarne čestice.

## 1. Nastava fizike

### 1.1. Povijest nastave fizike

Krajem 19. stoljeća fizika se uvodi u školu kao zaseban predmet. Usporedno s nastavom fizike razvija se i disciplina pod nazivom metodika nastave fizike. Njena temeljna problematika je istraživanje i pronalaženje učinkovitih metoda prirodnoznanstvenog opismenjivanja ukupne populacije, a posebno učenika, te istraživanje međudjelovanja prirodnih znanosti, tehnologije i društva. Tradicionalno se fizika poučavala kao mnoštvo manje ili više međusobno povezanih činjenica i informacija. Međutim, sredinom 20. stoljeća postalo je jasno da, čak ako i pretpostavimo da dio učenika stekne izvjesno deklarativno znanje, to nije dovoljno. Ubrzo je postalo jasno da je takav tradicionalni način poučavanja daleko od optimalnog pa dolazi do velikog zaokreta u metodici nastave fizike. Javlja se ideja o nužnosti interakcije u učenju i poučavanju, a prvi korak u tom smjeru je načinio švicarski psiholog Jean Piaget u svojoj teoriji kognitivnog razvoja. Slijedeći je korak bila spoznaja da veliku ulogu u učenju imaju učeničke intuitivne ideje ili pretkonceptije. Treći korak je pojava edukacijskog konstruktivizma koji povezuje i usustavljuje Piagetove ideje i problematiku predkonceptija, te ih povezuje s postignućima filozofije prirodnih znanosti.

### 1.2. Tradicionalna nastava fizike

Do sada najpoznatiji oblik nastave fizike bio je tzv. tradicionalni oblik nastave fizike (predavačka nastava), najrašireniji oblik nastave fizike. U njemu je profesor u središtu, dok su učenici samo pasivni slušači i promatrači. Profesor naglašava što je bitno, što treba zapamtiti, na što obratiti pažnju i slično. S pozicije učenika ili studenta tako stečeno znanje je površno, a vrlo često izostaje učenikovo postavljanje pitanja o gradivu.

Brojna istraživanja su pokazala da na ovaj način svega do 20% učenika uspije razviti način mišljenja potreban za kakvo takvo razumijevanje fizike, dok je za ostalih 80% fizika nerazumljiva i dosadna, a učenje fizike beskorisno i izvor mnogih frustracija.

### 1.3. Predkonceptije u mehanici

U svom razvoju čovjek dođe do trenutka kad se počinje zanimati za svijet oko sebe i pitati se kako svijet funkcionira i zašto se određene pojave ponašaju kao što se ponašaju. Tada nastaju neka vlastita objašnjenja i modeli funkcioniranja svijeta i fizikalnih pojava koje nas okružuju. Ti modeli su često manjkavi i krivi pa dolazi do iskrivljene slike svijeta. Takve modele iskrivljene slike svijeta nazivamo predkonceptijama.

Jezik je sredstvo komunikacije između ljudi i služimo se njime u opisu svijeta oko nas. Često je upravo taj jezik kojim se svakodnevno služimo razlog predkonceptijama. Svakodnevni

jezik je pojednostavljen radi lakšeg općeg razumijevanja. Posljedica tog pojednostavljivanja je korištenje izraza koji manjkavo ili potpuno krivo opisuju pojave u fizici. Jezik koji koristi znanost je precizan. Određeni simboli su jednoznačni i odnose se na točno određene pojave. U svakodnevno jeziku gotovo uvijek možemo čuti isti odgovor na pitanje "Kolika ti je masa?" i "Koliko si težak?". Čak je puno češće pitanje "Koliko si težak?" na koje se odgovara u kilogramima. Pojam težine iz točno određene pojave u znanstvenom jeziku proširio se i na pojam mase u svakodnevnom jeziku.

Tradicionalna nastava ignorira postojanje predkonceptija. Nastoji prenijeti gotovo znanje. Nedavna istraživanja iz metodike nastave fizike ukazuju da bi nastava trebala biti interaktivna. Bitna je povratna informacija. Potrebno je kroz razgovor ustanoviti koje predkonceptije postoje i zašto do njih dolazi. Nastavnik bi trebao biti sudionik rasprave, puštati da se ona razvija, a ne držati sve pod kontrolom. U središtu pažnje trebao bi biti učenik, a ne nastavnik. U raspravi treba pažljivo slušati sve argumente i nastojati dovesti do kontradikcije one koji potječu od miskoncepcija.

Prema istraživanju grupe Profesora PMF-a provedenom na kraju školske godine 1999./2000. najčešće predkonceptije u mehanici vezane su za nerazumijevanje Newtonovih zakona.

Najčešće predkonceptije:

- ❖ Stalna sila proizvodi gibanje sa stalnom brzinom, a ne sa stalnom akceleracijom.
- ❖ Na tijelo u mirovanju djeluje samo sila teža (nema potrebe za silom podloge).
- ❖ Sile kojima dva tijela međudjeluju prilikom sudara nisu jednakog iznosa, već ovise o brzinama u trenutku sudara.
- ❖ Na loptu koja je bačena uvis djeluje sila prema gore cijelo vrijeme gibanja prema gore, dok je ne savlada sila gravitacije.
- ❖ Kad je brzina na vrhu putanje nula i sila je nula (sila je vezana uz brzinu, a ne uz ubrzanje).
- ❖ Teža tijela brže padaju, jer na njih djeluje jača gravitacijska sila.
- ❖ Jabuka Zemlju privlači puno manjom gravitacijskom silom nego Zemlja jabuku.
- ❖ Kamen ispušten na Mjesecu neće pasti na tlo, nego će ostati lebdjeti jer u svemiru nema gravitacije.

#### *1.4. Konstruktivistički pristup nastavi fizike*

Konstruktivizam je kao filozofski pokret u modernom obliku nastao u drugoj polovici 20. stoljeća, a danas je prevladavajući pokret u filozofiji znanosti. Edukacijski konstruktivizam je inačica konstruktivizma usredotočena na proces učenja i poučavanja. Edukacijski konstruktivizam danas pokušava povezati Piagetove ideje, utjecaj učeničkih predkonceptija i teoriju konceptualne

promjene u jednu koherentnu sliku o problematici učenja. Temeljne karakteristike edukacijskog konstruktivizma su da znanje nije moguće prenijeti pasivnom primatelju i da je znanje rezultat osobne konstruktivne aktivnosti.

Sve postojeće znanje rezultat je ljudske konstrukcije. U procesu stvaranja znanja bitnu ulogu ima konstruktivna aktivnost svijesti u stvaranju i interpretaciji iskustva. Ulazni se podaci procesiraju i transformiraju putem slijeda kognitivnih struktura, a konačni rezultat tog procesiranja informacija i iskustva jest znanje. Znanje i ideje nije moguće pretočiti u učeničke glave izravnim prenošenjem, nego učenici moraju za sebe konstruirati njihovo značenje.

Još jedna bitna karakteristika edukacijskog konstruktivizma je da nastavnik konstruktivist ne smatra da je ono što on poučava konačna i apsolutna istina. U prirodnim znanostima može se reći jedino da je to najbolji način razmatranja dane situacije. Općenito, postignuća znanosti ne znače istinu o objektivnom svijetu, i nisu apsolutna, ona su privremena i pogrešiva, ali daju najbolji prikaz prirodnih pojava i situacija u određenom vremenu.

Na temelju konstruktivističkih ideja u razredu se ostvaruje atmosfera koja maksimizira učenje učenika. Pri izvođenju nastave fizike, ozračje u učionici treba biti takvo da učenicima omogućuje konstruktivistički način učenja, tj. konstruktivno razmišljanje, osobno konstruiranje i rekonstruiranje ideja u koordiniranoj raspravi u kojoj se razmjenjuju mišljenja i postiže nekakav oblik konsenzusa. Najbolji način da se to ostvari je da se novi sadržaji daju u obliku zanimljivih i primjerenih problemskih situacija u čijem razrješavanju aktivno sudjeluju svi učenici. Bitno je da nastavni proces bude izrazito interaktivan. Izlaganja nastavnika ne smiju biti dugačka, nego on treba aktivno sudjelovati u raspravi. Uloga nastavnika je da priprema odgovarajuće problemske situacije i da koordinira raspravom. Nastavnik mora voditi računa o onome što učenik zna, maksimizirati interakciju među učenicima tako da oni mogu raspravljati, te pokusima omogućiti mnoštvo iskustava na kojima se gradi njihovo učenje. Bitna uloga nastavnika je da stekne uvid o tome kojim konceptima učenici raspolazu. To identificiranje učeničkih predkonceptija od ključne je važnosti za uspješno provođenje procesa konceptualne promjene.

### 1.5. Faze kognitivnog razvoja

Pri razmatranju faza kognitivnog razvoja u kontekstu teorije J. Piageta, potrebno je naglasiti da svi pojedinci prolaze kroz sve faze, jednakim slijedom, no apsolutna dob pojedinih faza nije kod svih jednaka. Slijed faza je pak univerzalan i nepromjenjiv.

#### *Senzomotorička faza od (0 do 2 godine)*

U ovoj fazi koja traje od rođenja do kraja druge godine života, dijete spoznaje svoju okolinu prvenstveno na osnovu motornih radnji (na primjer, obilježja predmeta spoznaje motornom

manipulacijom), ali i preko senzornih organa (oko, uho, dodir...). Iz toga jasno proizlazi važnost optimalne stimulacije u prvim mjesecima života. Za senzo-motornu inteligenciju na ovom stupnju važne su aktivnosti kao što su refleksi, jednostavne navike, igre kao imitacija, ali i početak vlastitih i novih oblika igara. U početku je dijete ovisno o refleksima i urođenim shemama, a tek pred kraj razdoblja donekle uspjeva oponašati i integrirati informacije. Glavni napredak u kognitivnom smislu povezan je sa shvaćanjem stalnosti objekta što znači da je dijete u stanju predočavati predmete i kada nisu u njegovom vidokrugu.

#### *Faza predoperacijskih misli (od 3 do 6 godine)*

Ova faza kognitivnog razvoja javlja se ulaskom djeteta u treću godinu života, a taj je početak obilježen brojnim promjenama u djetetovom funkcioniranju. Ključne promjene u djetetovom razvoju odnose se na usvajanje hodanja, savladavanje govora, verbaliziranje vlastitih misli i aktivnosti, korištenje jezika i animizam (pridavanje osjećaja neživim bićima). Osnovna značajka ovog razdoblja je egocentrično mišljenje što ustvari znači da dijete gleda na svijet isključivo iz vlastite perspektive.

#### *Faza konkretnih operacija (7 do 11 godina)*

Naziv ove faze određen je činjenicom da je stupanj karakteriziran razvojem strategija i pravila za objašnjavanje i istraživanje svijeta oko sebe, a konkretne stoga što je dijete u mogućnosti primijeniti te strategije na stvari koje su tu i sada. Kod djeteta se pojavljuje mogućnost logičkog razmišljanja i mogućnost konzervacije na poznatim i konkretnim sadržajima (stvaranje pojmova, uviđanje odnosa i rješavanje problema). Pojam konzervacije se odnosi na spoznaju o tome da se kvantitativna svojstva nekog predmeta ili skupa predmeta ne mijenjaju ukoliko se ništa predmetu ne oduzme ili doda, bez obzira na promjenu vanjskog izgleda. Faza konkretnih operacija obilježena je i klasifikacijom kao sposobnošću uočavanja nadređenog načela koje omogućava logičko razvrstavanje predmeta u skupini (zadaci grupiranja likova prema određenom kriteriju i sl.)

#### *Faza formalnih operacija (od 12 do 16 godina)*

Ono što obilježava ovu fazu je mogućnost djeteta da se odvaja od aktualnih i vidljivih problema te da može rješavati i hipotetičke probleme, pa su stoga glavna postignuća ove faze hipotetsko deduktivno zaključivanje i sustavno rješavanje problema. To je moguće zbog razvoja apstraktnog mišljenja. Kognitivni razvoj u ovoj fazi predstavlja osnovu i za psihosocijalni razvoj u kontekstu teorije Erika Eriksona, budući da se mlada osoba zahvaljujući apstraktnom mišljenju i hipotetskom deduktivnom zaključivanju može baviti mogućnostima, a ne samo aktualnim i konkretnim. To mladima omogućava da postavljaju pitanja o tome što mogu postati, kakvi mogu biti i čime se baviti, a upravo to je osnova za krizu identiteta, odnosno formiranje identiteta kao optimalnog rješenja adolescentske krize, odnosno glavnog razvojnog zadatka u adolescenciji (vidi Erikson (2))

## 1.6. Oblici učenja – podjela prema Bloomu

Američko psihološko društvo usvojilo je konvenciju o razinama ishoda učenja koju je predložio američki psiholog Benjamin S. Bloom (1956.). Prema njegovu se prijedlogu oblici učenja dijele u 3 kategorije: kognitivnu (znanje i razumijevanje), afektivnu (stavovi i uvjerenja) i psihomotoričku (vještine i umijeća). Svako područje sistematizirano je hijerarhijski od niže k višoj razini usvojenosti, a svaka pak razina pojedine kategorije sadrži ključne glagole koji omogućavaju definiranje kvalitativnih i kvantitativnih ishoda učenja na osnovi kojih studenti mogu pokazati usvojena znanja, vještine i stavove. Kako je ovim testom najviše obuhvaćena kognitivna komponenta učenja, dalje u tekstu je ona detaljnije opisana.

### ***Kognitivna kategorija učenja***

U okviru kognitivne kategorije Bloom razlikuje 6 hijerarhijskih razina učenja. To su, počevši od najjednostavnije razine prema najsloženijoj spoznajnoj domeni: znanje, razumijevanje, primjena, analiza, sinteza i vrednovanje (procjena).



### 1. Činjenično znanje

Usvajanje činjeničnog znanja je najniži obrazovni cilj. Znanje se definira kao sjećanje na prije naučene sadržaje. Odnosi se na temeljna znanja koja student mora steći da bi shvatio smisao predmeta koji uči. To se prisjećanje može odnositi na širok raspon sadržaja: od usvajanja terminologije preko prisjećanja na specifične činjenice pa sve do sjećanja na složene teorije. Sve što treba postići na toj razini znanja jest prisjetiti se određene informacije koja ne mora nužno značiti i razumijevanje. Primjerice, student treba memorirati, definirati, imenovati, opisati, označiti, nabrojiti.

### 2. Razumijevanje

Razumijevanje se definira kao sposobnost promišljanja o značenju usvojenih činjenica. Ta se kognitivna kategorija znanja može pokazati interpretiranjem naučenih činjenica, sažimanjem, objašnjavanjem ili predviđanjem učinaka ili posljedica. Ovaj je obrazovni cilj viši od prethodnog jednostavnog prisjećanja na informacije i predstavlja najniži stupanj razumijevanja. Primjerice, za tu razinu znanja učenik treba znati interpretirati slike, karte, tablice i grafikone,



verbalne zadatke prevesti u formule, na temelju činjenica predvidjeti posljedice, opisati, objasniti, prepoznati, navesti primjer, interpretirati, raspravljati ...

### 3. Primjena

Primjena se odnosi na sposobnost uporabe naučenih pravila, zakona, metoda ili teorija u novim, konkretnim situacijama. Primjerice, na toj spoznajnoj razini student treba znati riješiti matematički problem, konstruirati grafikon ili krivulju, demonstrirati ispravnu uporabu neke metode ili postupka.

### 4. Analiza

Na analitičkoj razini znanja student mora biti sposoban naučene sadržaje razdvojiti na sastavne dijelove i prilagoditi ih raznim situacijama. Pritom student mora znati odrediti sastavne dijelove i odnose među njima kao i organizacijske principe. Ovaj je obrazovni cilj viši od razine razumijevanja i razine primjene jer je za tu razinu znanja potrebno združeno razumijevanje sadržaja i organizacijske strukture materijala. Primjerice, na toj razini student mora uspoređivati, suprotstavljati, prepoznati neizrečene pretpostavke, razlikovati činjenice od zaključaka, razlikovati uzrok od posljedice, odrediti relevantnost podataka, analizirati organizacijsku strukturu djela (znanstvenog, umjetničkog, glazbenog, literarnog).

### 5. Sinteza

Sintetizirati znači iz pojedinačnih dijelova stvoriti novu cjelinu. Obrazovni cilj u ovom slučaju ističe kreativno ponašanje s naglaskom na formuliranje novih obrazaca ili struktura. Primjeri obrazovnih ciljeva sintetičke razine znanja jesu: sposobnost kombinacije, postavljanja hipoteze, planiranja, reorganizacije, pisanja dobro organiziranog rada, održati dobro organiziran govor (predavanje), kreativno napisati priču (pjesmu, glazbu), predložiti plan pokusa.

### 6. Vrednovanje (procjena)

Procjena znači sposobnost svrhovite prosudbe vrijednosti materijala (istraživačkog izvješća, projekta, pjesme, romana, govora). Prosudbe se moraju temeljiti na točno definiranim kriterijima. Obrazovni ciljevi ovog područja najviši su u spoznajnoj hijerarhiji jer sadrže elemente svih prethodnih razina uz dodatak sposobnosti prosudbe vrijednosti utemeljene na točno definiranim kriterijima. Primjeri obrazovnih ciljeva ove razine znanja jesu: prosuditi primjerenost zaključaka iz prikazanih podataka, prosuditi vrijednost nekog djela (znanstvenog, umjetničkog, glazbenog, literarnog) uporabom vanjskih standarda odličnosti, prosuditi logičnu postojanost pisanog materijala ili predavanja.

U Tablici 1. dani su ključni glagoli koji definiraju razine kognitivnih postignuća, a razina primjene danas je društveno prihvatljiva razina.

	Razina	Pripadajući glagoli
Kognitivno područje	ZNANJE – prepoznavanje informacija	definiraj, imenuj, zapamti, zabilježi, ispričaj, sastavi popis, ponovi, izvijesti...
	RAZUMIJEVANJE –shvaćanje informacija	opiši, objasni, identificiraj, izvijesti, razmotri, izrazi, prepoznaj, raspravljaj ..
	PRIMJENA –primjena znanja u rješavanju problema	primijeni, izvedi, protumači, ilustriraj, vježbaj, izloži, prikaži, prevedi...
	ANALIZA –razdvajanje informacija i prilagodba u različitim situacijama	usporedi, raspravljaj, razluči, riješi, diferenciraj, napravi inventuru...
	SINTEZA –primjena informacija radi poboljšanja kvalitete neke situacije i života	predloži, uredi, organiziraj, kreiraj, sastavi, klasificiraj, poveži, formuliraj
	VREDNOVANJE –prosudivanje korisnosti	prosudi, izaberi, procijeni, rangiraj, vrednuj, izmjeri, predvidi, odredi prioritet

**Tablica 1.**

### 1.7. Problemi koji utječu na nastavu fizike u osnovnoj školi

#### 2.7.1 Čitanje s razumijevanjem

Čitanje je temeljna generička intelektualna vještina nužna za uspješno djelovanje u suvremenom svijetu. Ona je posebno važna za učenje iz teksta i u velikoj mjeri određuje uspješnost tijekom školovanja (Daneman, 1996). Iako je prevođenje napisanih znakova u izgovorene riječi, odnosno proces prepoznavanja riječi temeljni proces čitanja, razumijevanje značenja napisanih riječi i teksta suštinska je funkcija pismenosti koja omogućuje prenošenje poruka kroz vrijeme i udaljenosti, vlastito izražavanje, stvaranje i dijeljenje ideja.

S obzirom da je ovladavanje prepoznavanja znakova i riječi preduvjet za razumijevanje teksta, ono je prvi važan zadatak kojim moraju ovladati učenici na početku školovanja. Stjecanje pojmova o pismenosti javljaju se oko četvrte godine i postupno se razvijaju nakon toga. Za razliku od vještina povezanih s prepoznavanjem riječi, koje se razvijaju relativno brzo i dostižu optimalnu razinu do 8. ili 9. godine, razvoj vještina povezanih s razumijevanjem nije vremenski ograničen i razvija se od djetinjstva do odrasle dobi.

Poznato je da neki učenici nauče čitati već i prije škole, ali postoje i oni koji imaju problema s čitanjem u nižim razredima. Nažalost u novije vrijeme pojavljuju se i slučajevi kada

učenici slabo čitaju i u višim razredima. Pri rješavanju fizikalnih problema potrebno je, osim dobrog čitanja, isti tekst i razumjeti. Kako kaže jedna poslovice: „*Nije učen onaj tko čita, već onaj tko zna što čita*“. Čitanje s razumijevanjem izuzetno je važno kod rješavanja fizikalnih problema jer učenici, koji imaju problema s čitanjem, jako teško shvaćaju iste.

U istraživanju Rončević-Zubković iz 2008.g. o ulozi radnog pamćenja i strategijskog procesiranja u razumijevanju pri čitanju kod djece od 186 učenika sedmih razreda triju osnovnih škola u Rijeci, utvrđeno je da njih 15 % ima problema s čitanjem. U ovom je istraživanju najjači efekt na razumijevanje imao rječnik. Za puno ovladavanje modelom teksta potrebno je poznavanje 90 do 95% riječi u tekstu. Prosječan rječnik srednjoškolskog učenika je 20.000 riječi. Naprednija djeca imaju između 60.000 do 100.000 riječi. Ritam učenja učenika nižih razreda osnovne škole je 2,3 riječi dnevno ili preko 1000 riječi godišnje.

Učenik, koji ima disleksiju i ne čita različite tekstove u kojima susreće riječi u različitim kontekstualnim značenjima, ima malo šanse za napredak u razumijevanju teksta, a onda i u pouzdanom pamćenju podataka i stjecanju znanja.

## 2.7.2 Osnovne matematičke operacije

### *Zbrajanje*

Zbrajanje, jedna od osnovnih računskih operacija pri kojoj se brojevi (adendi, pribrojnici, sumandi) dodaju jedan drugome pri čemu se dobiva zbroj (suma), označuje se znakom + (plus, više). Nazivi koji se još koriste: adicija, sumiranje, zbrojidba.

Najveći problem koji se javlja pri korištenju ove matematičke operacije je zbrajanje pozitivnog i negativnog broja te zbrajanje dva negativna broja.

### *Oduzimanje*

Oduzimanje je binarna operacija na skupu realnih brojeva kojom se umanjniku (minuendu)  $a$  i umanjitelju (suptrahendu)  $b$  pridružuje njihova razlika (diferencija) broj  $c$  tako da vrijedi  $a = b + c$  oznaka  $a - b = c$ . Ostali nazivi koji se koriste : odbijanje, suptrakcija.

Kao i pri zbrajanju javlja se isti problem oduzimanje negativnog broja pozitivnim i oduzimanje dva negativna broja.

### *Množenje*

Množenje je jedna od četiri osnovne računске operacije na skupu realnih brojeva, označena znakom  $\times$  ili  $\cdot$ . Množenje cijelih brojeva je aritmetička operacija višestrukog zbrajanja broja sa

samim sobom. Na primjer, četiri pomnoženo s tri je dvanaest, jer kad tri puta zbrojimo 4 sa samim sobom, dobijemo dvanaest. Nazivi koji se još koriste: množidba, multipliciranje, multiplikacija.

Pri korištenju ove matematičke operacije kod dijela učenika javlja se problem množenja dva složenija broja. U novije vrijeme učenici koriste razne digitalne uređaje pri rješavanju ovih problema a kada su bez njih imaju problema.

### *Dijeljenje*

Dijeljenje je binarna operacija na realnim brojevima: zadanim brojevima  $a$  i  $b$  pri čemu  $b$  nije 0, dijeljenjem se pridružuje realni broj  $c$  takav, da je  $a = b \cdot c$  označava se s  $a : b = c$  (dividend, divizor, kvocijent).

Kao i kod množenja isti problem javlja se i kod dijeljenja. Ponajviše se to događa kada se učenici susreću sa decimalnim brojevima.

### *2.7.3. Linearna jednačina s jednom nepoznanicom*

Jednačina je matematički pojam koji izražava vezu između poznatih i nepoznatih veličina posredstvom znaka jednakosti koji izjednačava lijevu i desnu stranu jednačine. U tom smislu razlikujemo matematički identitet, gdje se samo ustanovljava jednakost lijeve i desne strane, od jednačine, gdje se u osnovi traži vrijednost nepoznate veličine tako da ona udovoljava postavljenoj jednačini. Nepoznate veličine, nepoznanice, često označavamo  $x, y, z$  ili bilo kojom drugom oznakom.

Jednačina s jednom nepoznanicom je najvažniji matematički pojam koji učenici osnovnih škola moraju savladati. Oni koji to uspiju nemaju problema sa nastavom fizike u kasnijem obrazovanju. Na žalost ima dobar dio onih koji to ne uspiju savladati tijekom cijelog školovanja pa im nastava fizike ubrzo postane preteška i nerazumljiva.

U savladavanju ovih problema potrebna je bolja korelacija sa predmetom matematika koji je u dobrom dijelu osnova za rješavanje fizikalnih problema.

### 3. Međunarodni sustav mjernih jedinica – SI sustav

Naziv Međunarodni sustav jedinica i kraticu SI (od francuskog naziva *Système International d'Unités*) odredila je 11. Opća konferencija za utege i mjere (CGPM) 1960. godine. Osnovne veličine koje se upotrebljavaju u Međunarodnom sustavu jedinica jesu duljina, masa, vrijeme, električna struja, termodinamička temperatura, količina tvari i svjetlosna jakost. Osnovne veličine dogovorno se smatraju neovisnima. CGPM je odabrao da odgovarajuće osnovne SI jedinice budu metar, kilogram, sekunda, amper, kelvin, mol i kandela. Izvedene SI jedinice tada se tvore kao umnošci potencija osnovnih jedinica u skladu s algebarskim odnosima kojima su definirane odgovarajuće izvedene veličine pomoću osnovnih veličina. Kad umnožak potencija ne uključuje brojevi faktor različit od jedinice, izvedene se jedinice nazivaju suvislim izvedenim jedinicama.

Znakovi veličina tiskaju se kurzivom, a to su općenito pojedinačna slova latinice ili grčkoga alfabeta. Mogu se upotrebljavati velika ili mala slova, a dopunski se podatci o veličini mogu dodati kao indeksi ili kao podatci u zagradama. Napominjemo da su znakovi veličina samo preporuke za razliku od znakova jedinica čiji su način i oblik pisanja obvezatni.

Vrijednost veličine piše se kao umnožak broja i jedinice, a broj kojim se množi jedinica brojčana je vrijednost veličine izražene tom jedinicom. Između broja i jedinice uvijek se ostavlja jedan prostorni razmak. Brojčana vrijednost ovisi o odabiru jedinice. Tako je vrijednost posebne veličine neovisna o odabiru jedinice, premda će se brojčane vrijednosti razlikovati u različitim jedinicama. Ista se vrijednost brzine neke čestice može dati izrazom  $v = 25 \text{ m/s} = 90 \text{ km/h}$ , pri čemu je 25 brojčana vrijednost brzine u metrima u sekundi, a 90 brojčana vrijednost brzine u jedinici kilometara na sat.

### 3.1. Osnovne SI jedinice

Osnovna veličina		Osnovna SI jedinica	
Naziv osnovne veličine	Znak	Naziv osnovne SI jedinice	Znak
duljina	$l, x, r, \text{itd.}$	metar	m
masa	$m$	kilogram	kg
vrijeme, trajanje	$t$	sekunda	s
električna struja	$I, i$	amper	A
termodinamička temperatura	$T$	kelvin	K
množina (količina) tvari	$n$	mol	mol
svjetlosna jakost	$I_v$	kandela	cd

#### **Metar**

Metar (m) je osnovna SI jedinica za duljinu. Metar je duljina koja odgovara putu što ga prijeđe svjetlost u vakuumu za vrijeme od  $1/299\,792\,458$  s. Ova definicija, prihvaćena na Generalnoj konferenciji za mjere i utege u listopadu 1983., zamijenila je definiciju iz 1967. temeljenu na kriptonovoj lampi.

#### **Kilogram**

Kilogram (kg) je osnovna SI jedinica za masu i jednak je masi međunarodnog prototipa kilograma. Prototip je valjak visine 39 mm i promjera 39 mm, načinjen od legure platine (90 %) i iridija (10 %), a čuva se u Bureau International des Poids et Mesures u Sèvresu, Francuska.

#### **Sekunda**

Sekunda (s) je SI jedinica za vrijeme. To je trajanje  $9\,192\,631\,770$  perioda zračenja koje odgovara prijelazu između dvaju hiperfinskih nivoa (od  $F = 4, m_F = 0$  do  $F = 3, m_F = 0$ ) osnovnog stanja atoma cezija 133 ( $^{133}\text{Cs}$ ). Periodu definiramo kao vrijeme potrebno da svjetlost prevali put koji odgovara jednoj valnoj duljini.

#### **Amper**

Amper (A) je osnovna SI jedinica za jakost električne struje. Amper je jakost stalne električne struje koja se održava u dvama paralelnim, ravnim, beskonačno dugačkim vodičima zanemarivo malog kružnog presjeka, koji se nalaze u vakuumu i međusobno su razmaknuti jedan metar, i u tim uvjetima uzrokuju među vodičima silu koja iznosi  $2 \times 10^{-7}$  njutna po metru duljine.

### ***Kelvin***

Kelvin (K) je osnovna SI jedinica za termodinamičku temperaturu.

To je termodinamička temperatura koja je jednaka  $1/273.16$  termodinamičke temperature trojne točke vode. Trojna točka vode ona je vrijednost temperature i tlaka kod koje voda može postojati u sva tri agregatna stanja. Ime je dobila po engleskom znanstveniku sir W. Thompsonu, Lordu Kelvinu (1824.-1907.).

### ***Mol***

Mol (mol) je osnovna SI jedinica za količinu (množinu) tvari.

Mol je količina tvari onog sustava koji sadrži toliko elementarnih jedinki tvari koliko ima atoma u 0.012 kg izotopa ugljika 12 ( $^{12}\text{C}$ ).

Elementarne jedinice uvijek moraju biti specificirane i mogu biti atomi, molekule, ioni, elektroni, neke druge čestice ili određene grupe čestica. U jednom molu (0.012 kg) izotopa ugljika 12 ima  $6.022\ 045 \times 10^{23}$  atoma (Avogadrov broj).

### ***Kandela***

Kandela (cd) je osnovna SI jedinica za svjetlosnu jakost.

Kandela je svjetlosna jakost, u danom smjeru, koju emitira izvor monokromatskog zračenja frekvencije  $540 \times 10^{12}$  Hz i čiji intenzitet zračenja u tom smjeru iznosi  $1/683$  vati po steradianu.

### *3.2. Izvedene SI jedinice korištene u ovom radu*

<b>Izvedena veličina</b>		<b>Izvedena SI jedinica</b>	
<b>Naziv</b>	<b>Znak</b>	<b>Naziv</b>	<b>Znak</b>
ploština	<i>A</i>	četvorni metar	$\text{m}^2$
obujam	<i>V</i>	kubični metar	$\text{m}^3$
brzina	<i>v</i>	metar u sekundi	$\text{m s}^{-1}$
ubrzanje	<i>a</i>	metar u sekundi na kvadrat	$\text{m s}^{-2}$
sila	<i>F</i>	kilogram metar u sekundi na kvadrat	$\text{kg m s}^{-2}$
gustoća, gustoća mase	<i><math>\rho</math></i>	kilogram po kubičnome metru	$\text{kg m}^{-3}$

## ***Ploština***

Ploština je fizička veličina kojom određujemo veličinu plohe nekog tijela ili lika. Ploštinu označavamo slovom A (engl. area), a u literaturi se može naći i oznaka S (engl. surface). Mjerna je jedinica ploštine četvorni (kvadratni) metar ( $m^2$ ).

Manje mjerne jedinice za ploštinu su:

- $m^2$
- $dm^2 = 0,01 m^2$
- $cm^2 = 0,0001 m^2$
- $mm^2 = 0,000001 m^2 = 10^{-6} m^2$

Za mjerenje ploštine zemlje koriste se veće mjerne jedinice:

- 1 ar =  $100 m^2$
- 1 hektar =  $10\,000 m^2$
- 1 ral =  $5700 m^2$
- $1 km^2 = 1\,000\,000 m^2$

## ***Obujam***

Obujam ili volumen je fizička veličina kojom opisujemo koliko tijela zauzimaju prostora. Označavamo ga sa V. Mjerna jedinica za obujam je kubni metar,  $m^3$ .

Manje mjerne jedinice za obujam su:

- $1 dm^3 = 0,001 m^3 = 10^{-3} m^3$
- $1 cm^3 = 0,000001 m^3 = 10^{-6} m^3$
- $1 mm^3 = 0,000000001 m^3 = 10^{-9} m^3$

Pored navedenih jedinica također su često u upotrebi i sljedeće jedinice:

$$1 l \text{ (ili L)} = 1 dm^3$$

$$1 ml = 1 cm^3$$

## ***Brzina***

Brzina je fizička veličina određena kao količnik prijeđenog puta i vremena. Brzinu označavamo sa v. Mjerna je jedinica brzine metar u sekundi (m/s).

Upotrebljavaju se i izvedene jedinice: cm/s, km/h i drugo.

U pomorskom i zračnom prometu upotrebljava se jedinica brzine čvor (morska milja na sat),  $1 \text{ čv} = 0,514 m/s$ .

## ***Ubrzanje***

Ubrzanje ili akceleracija opisuje kako se mijenja brzina gibanja u jedinici vremena. Ubrzanje ili akceleraciju označavamo sa a. Mjerna jedinica je  $m/s^2$ .



### ***Sila***

Sila je fizička veličina kojom iskazujemo međudjelovanje tijela. Oznaka za silu je  $F$ . Mjerna jedinica za silu je Newton, oznaka  $N$ . Postoje mnoge sile a neke od njih su: gravitacijska sila, elastična sila, magnetna sila, električna sila,...

### ***Gustoća***

Gustoća neke tvari definira se kao omjer mase i volumena na određenoj temperaturi. Gustoća neke tvari označava se sa  $\rho$ . Jedinica gustoće je  $\text{kg m}^{-3}$ . Uz gustoću mora biti navedena i temperatura na kojoj je mjerena, jer se s promjenom temperature obično mijenja volumen, pa samim tim i gustoća tvari. Izraz za izračunavanje gustoće :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

## 4. Konceptualni test

### 4.1. Konstruiranje konceptualnog testa

Istraživanjem konceptualnog razumijevanja fizike te pojmova pomoću kojih se interpretiraju pojave i izražavaju zakonitosti u tim područjima fizike, dobiva se uvid o načinu razmišljanja ispitanika. Takvim istraživanjem se dolazi do njihovih ideja vezanih uz ta područja i općenito do ideja koje ispitanici smatraju prikladnim za opis pojava koje primjećuju, te se dobiva uvid o iskustvu koje oni posjeduju i primjenjuju.

Proces konstrukcije konceptualnog testa temelji se na istraživanju područja čije se razumijevanje želi ispitati. Kako bi se u potpunosti ispitalo razumijevanje nekog područja fizike potrebno je provesti opsežno istraživanje. To nije lagan ni brz posao, jer je nužno osmisliti dobra pitanja i istovremeno obuhvatiti sve fundamentalne pojmove.

Nakon osmišljavanja 20 pitanja idući korak je bio rješavanje testa u 4 razredu osnovne škole. Neka su se pitanja, korištena u testiranju četvrtih razreda, pokazala neprikladna te su izostavljena pri testiranju sedmih razreda. To su bila pitanja:

- *Od zrna kukuruza nastane kokica. Kako se odnose mase zrna kukuruza i kokice? Ovo zanimljivo pitanje izostavljeno je iz razloga što je većina učenika dala netočan odgovor.*
- *Štap duljine 1 metar udaljimo od promatrača 5 metara. Na toj udaljenosti štap će biti: Kod ovog pitanja učenicima nije bio jasan pojam „promatrač“ te su dali dosta netočnih odgovora.*
- *Štapu duljine 1 metar na njegov kraj dodamo dvostruko dulji štap i još jedan štap duljine 1 metar. Ukupna duljina spojenih štapova je: Ovo pitanje imalo je velik postotak točnih odgovora te je izostavljeno iz tog razloga.*
- *Poluga duljine 2 metra postavljena je na oslonac koji je na sredini poluge. Objesimo na svaki kraj po dva utega. Na kraj lijeve strane poluge stavimo utege od 3 kg i uteg od 5 kg, a na kraj desne uteg od 6 kg i uteg od 4 kg. Poluga će pretegnuti: Pitanje s puno teksta i podataka bilo je prezahtjevno za učenike tog uzrasta pa samim time je i izostavljeno.*
- *Dvije metalne kugle su jednake veličine, ali je jedna dvostruko veće mase od druge. Kugle su istovremeno spuštene s krova jednokatnice. Usporedi vremena potrebna da kugle padnu na tlo. Slična pitanja, padanje kugli i novčića, dala su i slične odgovore, no zanimljivije se činilo pitanje s novčićima te je ovo pitanje izostavljeno.*

Nakon obrade rezultata ostalo je 15 pitanja koja su i kasnije korištena u ispitu.

Test sadrži 15 pitanja koja pokrivaju područja: mjerenje dužina, vremena i pojam brzine kao izvedenica, određivanje mase, volumena i gustoća kao izvedenica, mjerenje sila, ploštine i pojam tlaka. Pitanja su tipa višestrukog izbora s 5 ponuđenih odgovora od kojih je 1 odgovor točan. Ponuđeni pogrešni predstavljaju najzastupljenije predkonceptije. Pitanja su konceptualnog karaktera, ispituju razumijevanje određenih pojmova i koncepata, te ne zahtijevaju preveliko znanje matematike. Pitanja iz konceptualnog testa mogu se primijeniti od 4 razreda osnovne škole i koristiti za sve školske uzraste i fakultete.

#### *4.2. Primjena konceptualnog testa*

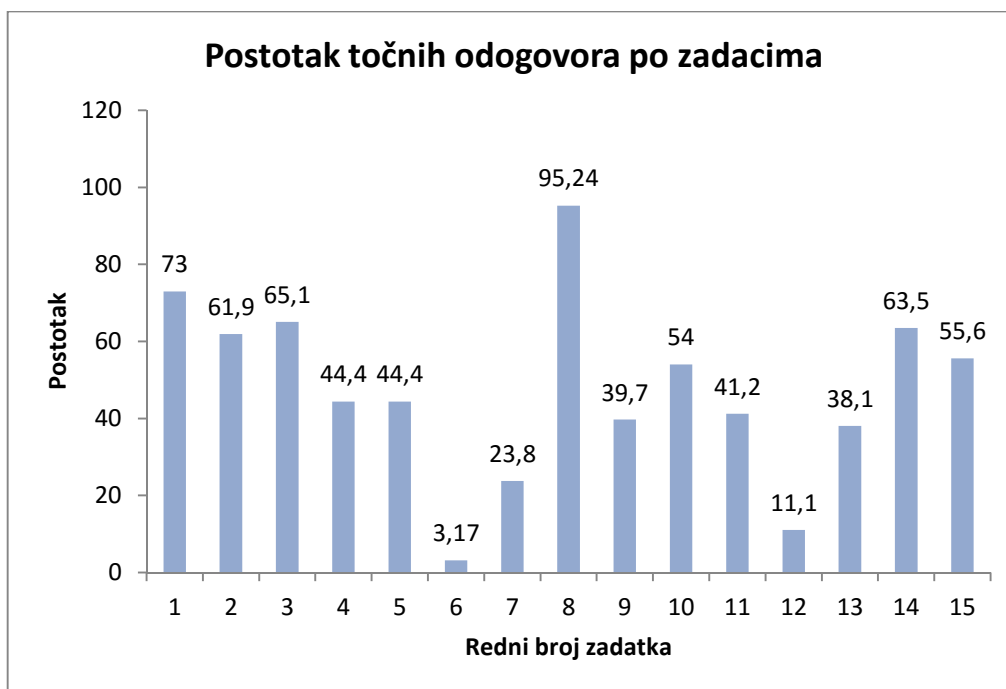
Konceptualni test proveden je na učenicima sedmih razreda u dvije osnovne škole. Vrijeme pisanja testa bilo je ograničeno na 15 minuta. Učenici su dobili uputu da pažljivo pročitaju pitanje i sve odgovore te zaokruže odgovor koji misle da je točan. Rješavanju testa pristupilo je 63 učenika. Testiranje je bilo anonimno. Pri rješavanju konceptualnog testa nije bilo nikakvih pitanja ni problema. Učenici su zdušno rješavali zadatke i na kraju komentirali da su im pitanja bila jednostavna.

Testovi su ispravljani ručno, a rezultati obrađeni programom Microsoft Excel. Analizom rezultata želi se dobiti uvid u opće stanje uspjeha na konceptualnom testu i postotak rješivosti pojedinih pitanja.

### 4.3. Analiza dobivenih rezultata

Analizirajući odgovore učenika koji su bili testirani ovim konceptualnim testom pokušat ćemo vidjeti koje su najčešće predkonceptije i koje edukacijske pretpostavka utječu na usvajanje osnovnih i izvedenih mjernih jedinica.

Na grafikonu 1. vidimo postotak riješenosti zadataka.



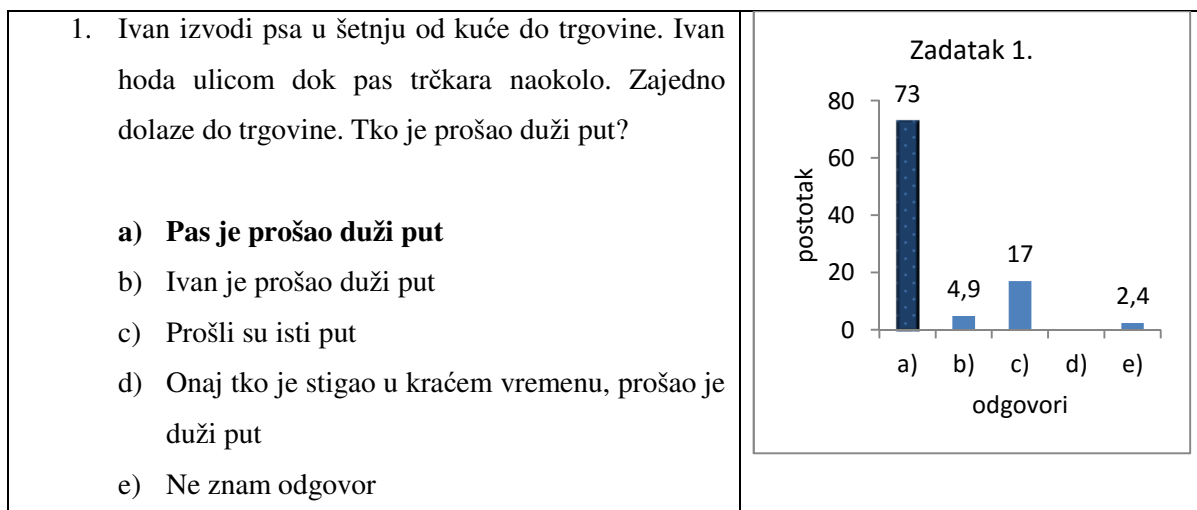
U Tablici 2. vidimo rezultate testa

N (broj učenika)	63
Ukupan broj bodova	15
Minimalni broj bodova po testu	4
Maksimalni broj bodova po testu	13
Postotak rješivosti testa	47,6%

#### 4.4. Pojedinačna analiza zadataka

##### Zadatak 1.

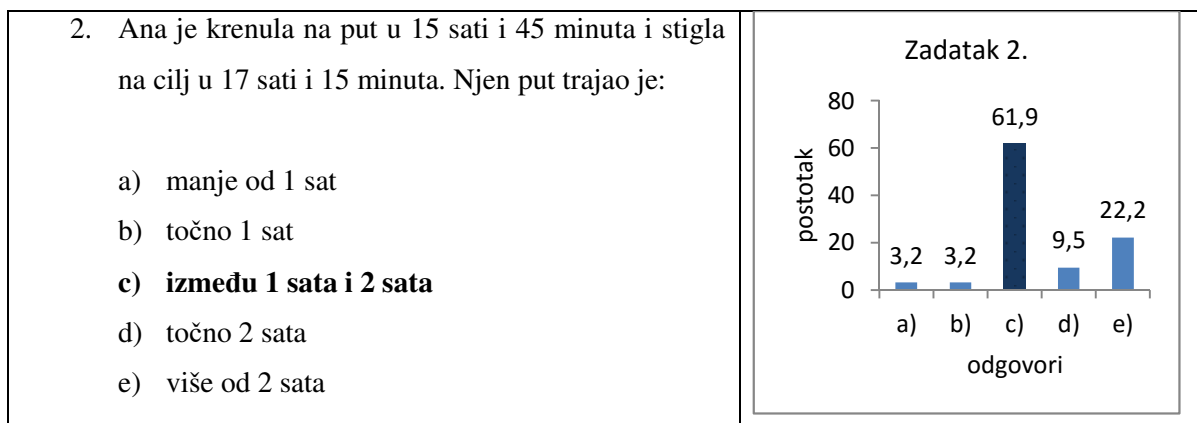
Ovim pitanjem ispituje se poznavanje osnovnih pojmova vezanih za mjerenje duljine te uočavanjem razlike pojma put i udaljenost. Iako je prosječna uspješnost 73% dobra vidljivo je da neki učenici još uvijek ne razlikuju pojmove put i udaljenost te im daju isto značenje.



Na temelju netočnih odgovora vidljivo je da su učenici najčešće odgovorili c) iz čega je vidljivo da ti učenici ne razlikuju pojam put i pojam udaljenost. Zanimljivo je da nitko od učenika nije ponudio odgovor d) iz čega je vidljivo da ne miješaju pojmove duljine i brzine.

##### Zadatak 2.

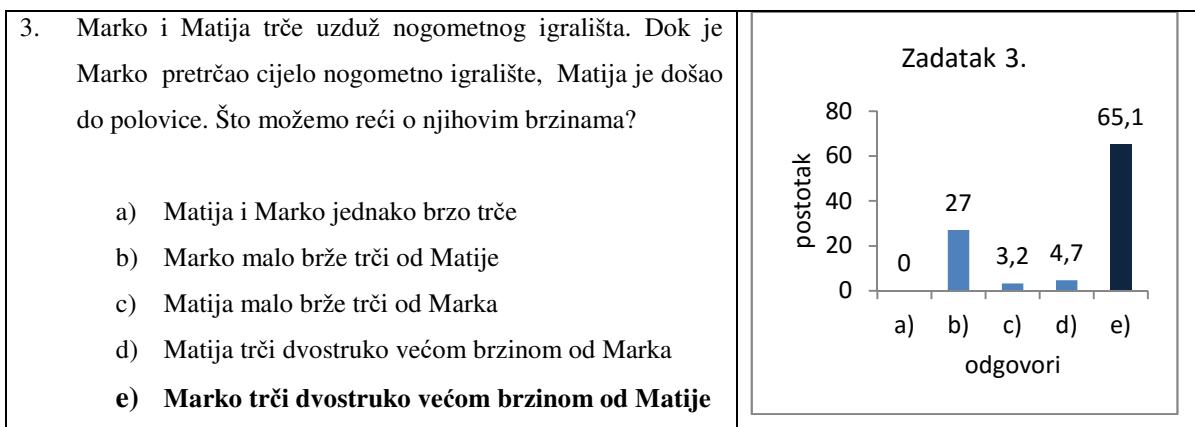
Ovim pitanjem ispituje se poznavanje pojma mjerenja vremena. Prosječna uspješnost kod ovog zadatka iznosi 61,9 % što i nije tako puno jer se mjerenje vremena uči već od drugog razreda.



Analizom odgovora vidljivo je da odgovor e) s 22,2% najčešće zaokružen kao netočan. Razlog toga je što ti učenici nisu savladali pojam mjerenja vremena i razliku između dva intervala već oni zbrajaju minute i pridodaju razlici sati. Isto tako zanimljiv je i odgovor d) s 9,5% odgovora iz kojeg je vidljivo da učenici zbrajaju minute (15 minuta + 45 minuta) ali intuitivno smanjuju jedan sat i dobivaju odgovor točno 2 sata. Za rezultate pod a) 3,2% i b) 3,2% uočeno je totalno nerazumijevanje pojma mjerenja vremenskog intervala.

### Zadatak 3.

Zadatak broj 3 najduži je u svom opisu i trebao je pokazati razumiju li učenici pročitani tekst te uočavaju li odnos proporcionalnosti duljina igrališta – duljina vremena. Prosječna uspješna riješenost ovog zadatka je 65,1% što je solidan rezultat s obzirom na složenost zadatka.

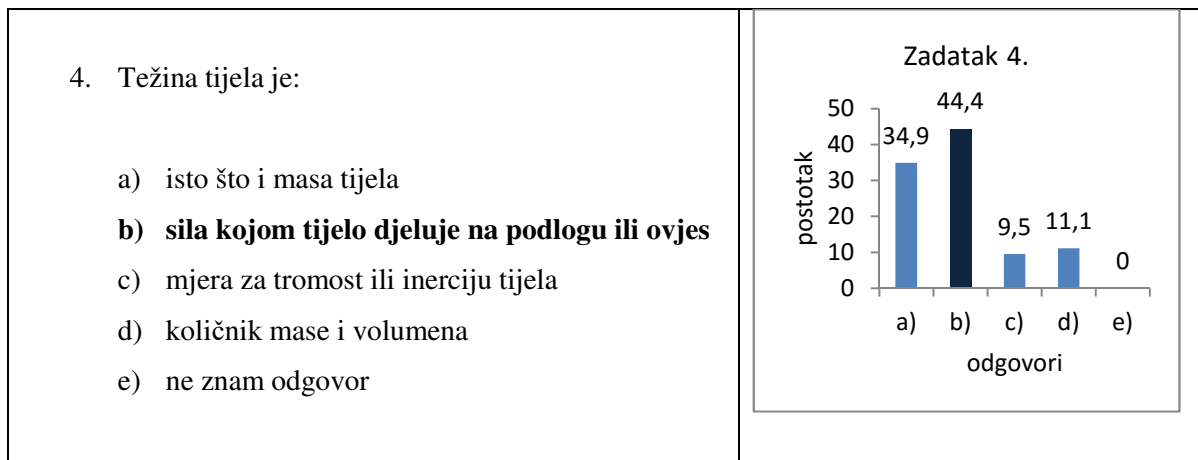


Analizom netočnih odgovora vidljivo je da je više od četvrtine učenika odgovorilo b) što i nije u potpunosti krivo s obzirom na tekst pitanja. No, pošto je u zadatku bio cilj uvidjeti uočavaju li učenici proporcionalnost duljina – vrijeme te je naglašeno da pročitaju sve odgovore prije nego što odgovore, ovih odgovora je ipak previše. Za odgovore pod c) 3,2% i d) 4,7% možemo reći da učenici koji su ponudili ove odgovore nisu razumjeli tekst i uočili razliku između imena koja se koriste u zadatku.

### Zadatak 4.

Ovo pitanje trebalo je pokazati razumiju li učenici razliku pojma težina i pojma masa. S obzirom da se u svakodnevnom životu ovi pojmovi često izjednačavaju učenici su trebali pokazati da intuitivne ideje (predkonceptije) ne utječu na poimanje pojmova u fizici. Prosječni rezultat od 44,4% je slab ponajviše kada uzmemo u obzir da je to gradivo obrađeno prije provođenja testa. Isto

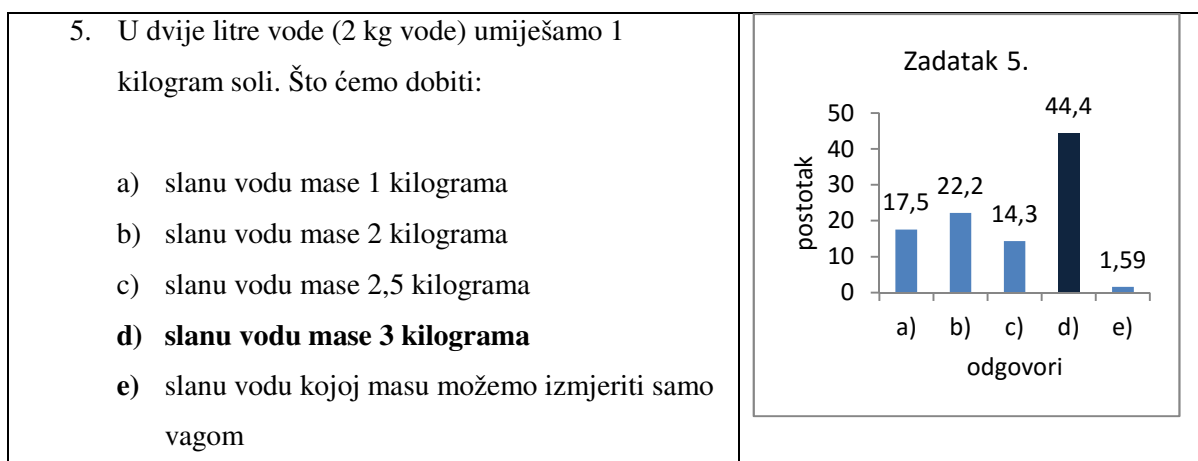
tako ovo je prvo pitanje koje ima manji postotak točnih odgovora nego cijeli test mada po složenosti pitanja ne bi trebalo biti tako.



Kod ovog pitanja najčešće ponuđeni netočan odgovor je već očekivani a) i to s gotovo 35%. To nam pokazuje da je predkonceptija težina = masa duboko ukorijenjena u svijesti učenika i teško ju je promijeniti. I dok odgovor c) sa 9,5%, kao definiciju mase povezujemo s prethodnom predkonceptijom, iznenađuje visok postotak odgovora d) 11,1% što je u stvari definicija gustoće, jako teško možemo objasniti.

#### Zadatak 5.

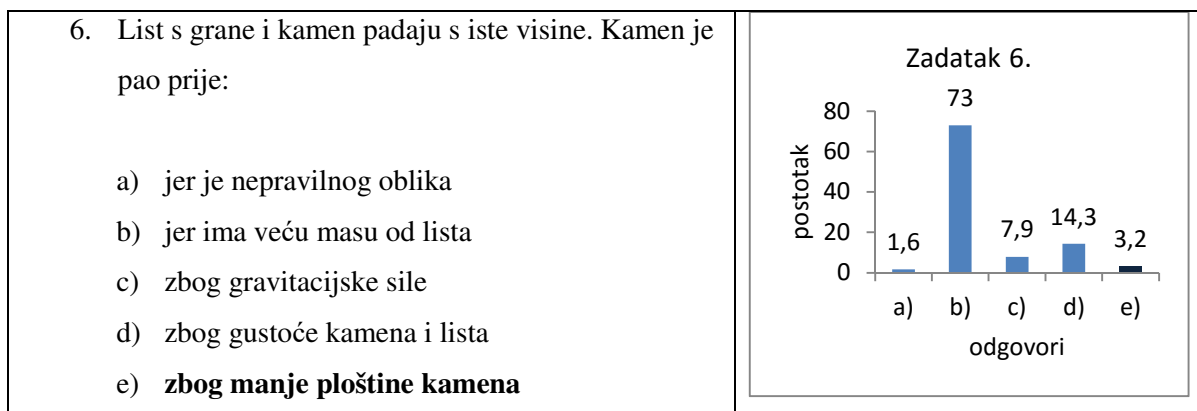
Još jedno pitanje vezano uz pojam mase tijela. Kako se s pojmom mase i njene mjerne jedinice učenici susreću već u nižim razredima, a s miješanjem tijela različitih masa i u predmetu kemija, na ovo pitanje očekivao se je veći broj točnih odgovora. Postotak od 44,4% ispod je prosjeka cijelog testa. Ovdje je kod učenika uočena predkonceptija „o nestajanju jedne tvari u drugoj“ ne uzimajući u obzir da i jedna i druga tvar imaju svoju masu.



Najčešće ponuđeni netočan odgovor je pod b) 22,2% što znači da su učenici zanemarili drugu masu koja se „nestala“ u prvom. Teško objašnjiv odgovor je a) 17,5%, koji pokazuje da su učenici oduzimali manju masu od veće i dobili potpuno neprihvatljiv rezultat. Odgovor c) s 14,3%, kao nešto „između“ druga dva odgovora pokazuje da učenici razmišljaju da se nešto događa kod miješanja dvije tvari, ali još uvijek nisu sigurni u svoje koncepte.

### Zadatak 6.

Ovim pitanjem ispituje se poimanje brzine padanja tijela različitih ploština i različitih masa. U njemu je sadržana i jedna od najčešćih predkonceptija: tijela veće mase brže padaju nego tijela manje mase. Ovo pitanje imalo je najmanji postotak riješenosti svega 3,2% što pokazuje da se učenici teško odvajaju od ukorijenjenih predkonceptija.



Očekivano najčešće ponuđeni netočan odgovor je pod b) 73%, što znači da su učenici uvjereni kako tijela veće mase brže padaju. Odgovor d) 14,3% pokazuje da ima i učenika koji razmišljaju drugačije i smatraju da brzina ovisi o gustoći kamena i lista. Nešto manji postotak ima odgovor c) 7,9% koji povezuje brzinu padanja tijela s gravitacijskom silom.

### Zadatak 7.

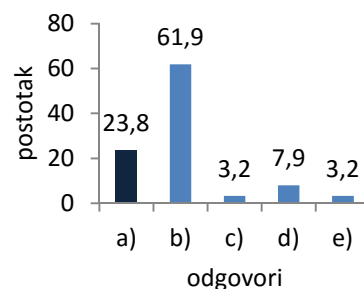
Pitanjem se ispituje pojam mase tijela te utjecaj okoline u kojoj se to tijelo nalazi. Pošto je masa mjera za inerciju ili tromost tijela, ona je nepromjenjiva bez obzira gdje se nalazi. No točnost odgovora a) od svega 23,8% govori da učenici nisu pojam mase usvojili na odgovarajući način. Ovo pitanje nije toliko teško koliko je mali broj točnih odgovora te je jedno od lošije riješenih u ovom testu.



7. Masa nogometne lopte je:

- a) **ista na Zemlji i na Mjesecu**
- b) veća na Zemlji
- c) veća na Mjesecu
- d) ovisi o udaljenosti Zemlje i Mjeseca
- e) ovisi o udaljenosti Sunca i Mjeseca

Zadatak 7.



Odgovor b) je najčešće ponuđeni netočan odgovor sa 61,9%. Iz tog odgovora vidljivo je da učenici povezuju pojam mase tijela s pojmom težine uspoređujući gravitacijske sile na Zemlji i Mjesecu. Predkonceptija da su masa i težina isti pojam kriva je za ovako velik broj netočnih odgovora. Odgovor d) sa 7,9% pokazuje da neki učenici povezuju udaljenosti Zemlje i Mjeseca s pojmom mase. Odgovori c) i e) imaju zanemariv postotak te povezuju pojam mase s udaljenosti Sunca i Mjeseca za što nema nekog suvislog objašnjenja.

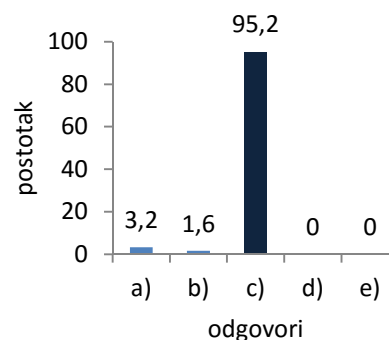
#### Zadatak 8.

Ovim najjednostavnijim pitanjem pored pojma volumena i promjene volumena cilj je bio provjeriti zainteresiranost učenika za rješavanje testa. Pokazalo se da su učenici zainteresirani za rješavanje testa, a velikim postotkom točnih odgovora (95,2%) pokazali su i vrlo dobro poznavanje pojma volumena i promjene volumena.

8. U čašu s vodom ubacimo kamen. Razina vode u čaši:

- a) ostat će ista
- b) će se smanjiti
- c) **će se povećati**
- d) ovisi od temperature vode
- e) ne znam odgovor

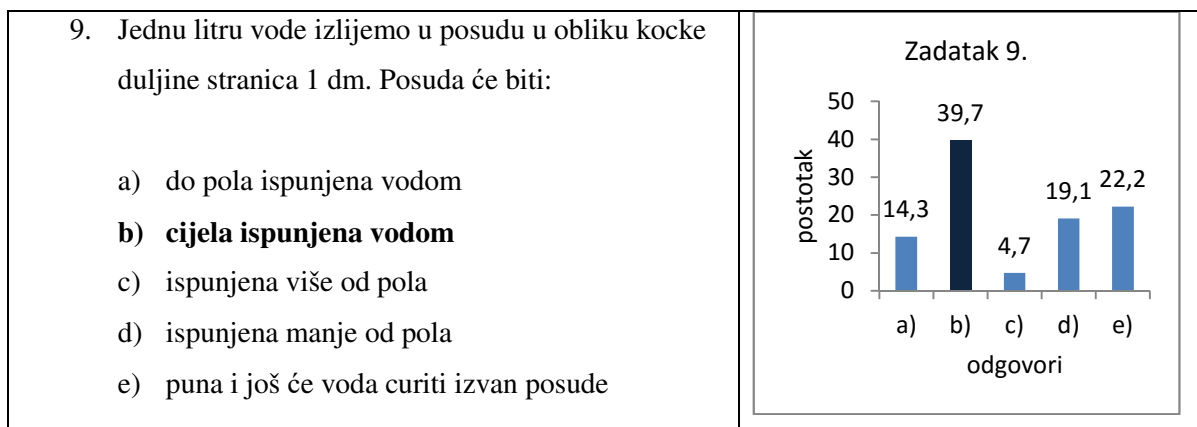
Zadatak 8.



Odgovor a) s 3,2% netočnih odgovora pokazuje da postoje učenici koji ne razumiju pojam volumena i njegove promjene. S 1,6% odgovor b) je još jedan ponuđeni netočan odgovor koji je teško objasniti.

### Zadatak 9.

Za razliku od prošlog pitanja gdje su učenici pokazali da razumiju pojam volumena i promjene volumena, na ovom pitanju učenici su pokazali dosta lošiji rezultat. Ovim pitanjem ispituje se pojam volumena tijela i pojam mjerne jedinice volumena. Točnost odgovora b) od svega 39,7% govori da učenici nisu usvojili pojam mjerne jedinice volumena na odgovarajući način. Činjenica da se volumen obrađuje u nižim razredima te u matematici i kemiji, još više umanjuje vrijednost ovog rezultata.

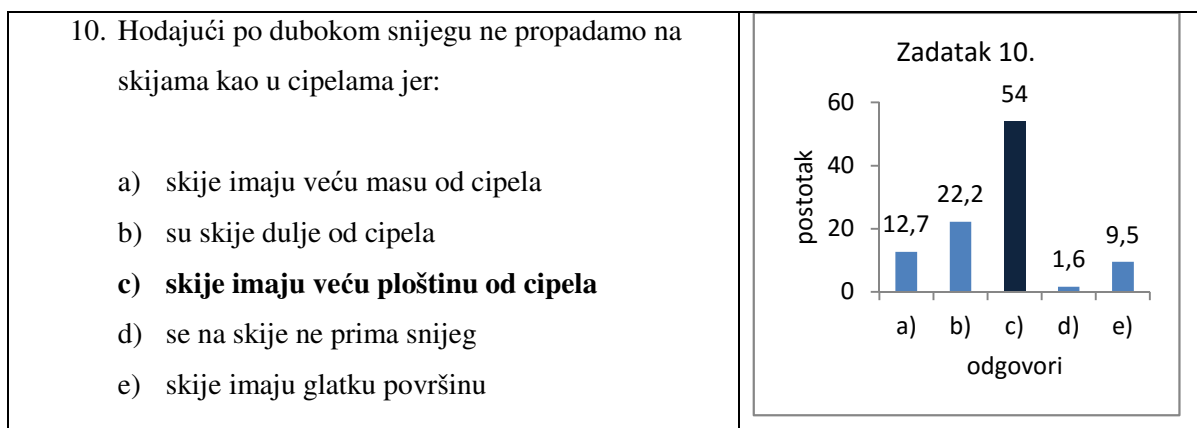


Kod ovog pitanja zanimljivo je da većina netočnih odgovora ima približno iste vrijednosti što sugerira da učenici ovaj pojam jednostavno ne razumiju. Pojam 1 litra =  $1 \text{ dm}^3$  često se koristi i u kemiji te nikako ne bi smjelo biti ovoliko netočnih odgovora. Odgovor e) 22,2% još nekako ima logičke pretpostavke (kocka je mala i voda neće stati), ali odgovori pod a) 14,3%, c) 4,7% i d) 19,1% pokazuju da učenici ne znaju izračunati volumen najjednostavnijeg tijela kocke. Na to ukazuju rezultati, do pola kocke i oko pola kocke gdje svako računanje stranica daje složeniji rezultat od  $1 \text{ dm}^3$ .

### Zadatak 10.

Ovim pitanjem ispituje se pojam sile koja djeluje na podlogu i pojam ploštine te pojam tlaka kao izvedenica. Isto tako učenici trebaju uočiti i obrnutu proporcionalnost (veća ploština = manji tlak). Točnost odgovora c) od 54% govori da više od polovice učenika razumije spominjane

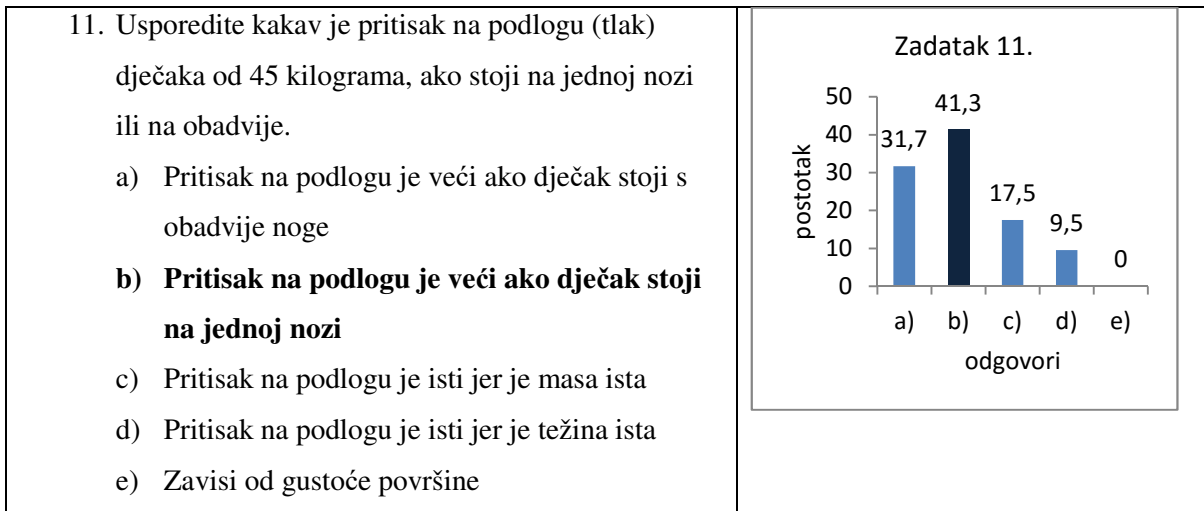
pojmove mada i samo pitanje sugerira česte životne situacije pa je moguće da je dio točnih odgovora došao od te činjenice, a ne od razumijevanja pojmova. Ovo pitanje ima veći postotak točnih odgovora od prosjeka testa.



Analizom netočnih odgovora vidimo da je odgovor b) s 22,2% najzastupljeniji. Ovaj odgovor najbliži je točnom odgovoru i gotovo da ga možemo uzeti kao točan mada nije definirano koliko je dužina tih skija i kolika je ploština tih skija u odnosu na cipele. Odgovor a) s 12,7% i e) s 9,5% ukazuje nam na to da više od 22% učenika ne prepoznaje pojmove koji utječu na tlak, a isto tako ni obrnutu proporcionalnost vezanu za ploštinu skija.

### **Zadatak 11.**

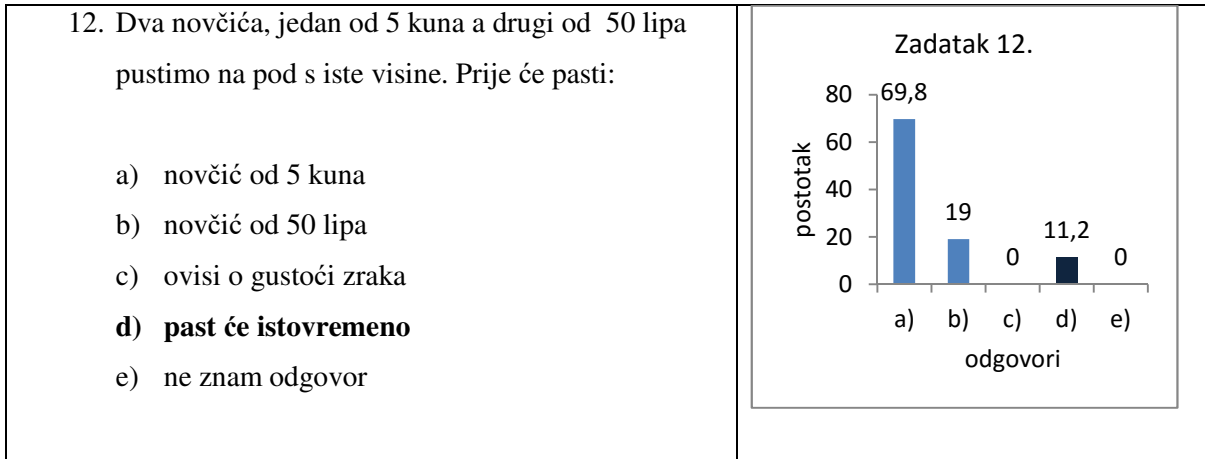
Još jedno pitanje kojim se ispituje pojam tlaka. No, za razliku od prošlog, ovo pitanje je teže objasniti kroz svakodnevne životne situacije jer si ovaj slučaj učenici teže mogu predočiti (nema propadanja podloge). Točnost odgovora b) od 41,3% daje nam bolju sliku razumijevanja pojma tlaka i njegovu ovisnost o sili na podlogu i ploštini. Postotak točnih odgovora sugerira da je taj postotak učenika usvojio i pojam obrnute proporcionalnosti. Ovo pitanje ima nešto manji postotak točnih odgovora od prosjeka testa.



Kod netočnih odgovora najviše se ističe odgovor a) s visokih 31,7% iz kojeg je vidljivo da učenici ne povezuju pojam tlaka s ploštinom, a samim time ni obrnutu proporcionalnost među njima. Odgovor c) s 17,5% i d) s 9,5% ukazuje nam na to da 27% učenika povezuje pojam tlaka s pojmovima mase i težine. Česta životna situacija mjerenja mase na kućnoj vagi, stojeći na jednoj nozi ili na obadvije, dovela je do povezivanja ovih pojmova. Obzirom da se pojam tlak spominje i u drugim predmetima prevelik, je postotak netočnih odgovora.

### **Zadatak 12.**

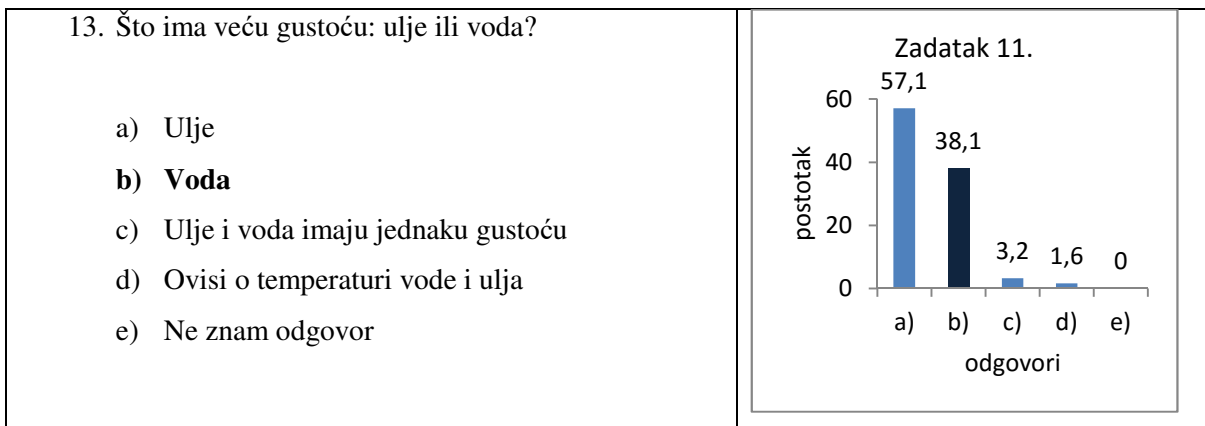
Ovim pitanjem još jednom se ispituju intuitivne ideje koje će se javiti pri obradi pojma brzine. Jedna od najčešćih intuitivnih ideja da tijela veće mase brže padaju, pokazala se i u ovom pitanju kao presudna. Točnost odgovora d) od svega 11,2% daje nam uvid da učenici imaju intuitivne ideje koje su stvorili kroz život. I ovaj nizak postotak točnih odgovora pokazuje da neki učenici i drugačije razmišljaju te da su oni stvorili drugačije predkonceptije. Ovo pitanje ima drugi najlošiji rezultat od svih pitanja u testu, no ipak dosta bolji rezultat od sličnog pitanja s padanjem lista i kamena.



Odgovor a) s 69,8% ukazuje na predkonepciju da tijela veće mase brže padaju. Ovakav visok postotak je i očekivan s obzirom na duboko ukorijenjenu predkonepciju. Odgovor b) s 19% ukazuje da dobar dio učenika nije prihvatio predkonepciju o bržem padanju tijela veće mase već ima neku drugu predkonepciju, da tijela manje mase brže padaju. Oba netočna odgovora imaju ukupno 88,8% što je ipak prevelik broj s obzirom da ovakva jednostavna „trik pitanja“ često možemo koristiti za motivaciju učenika.

**Zadatak 13.**

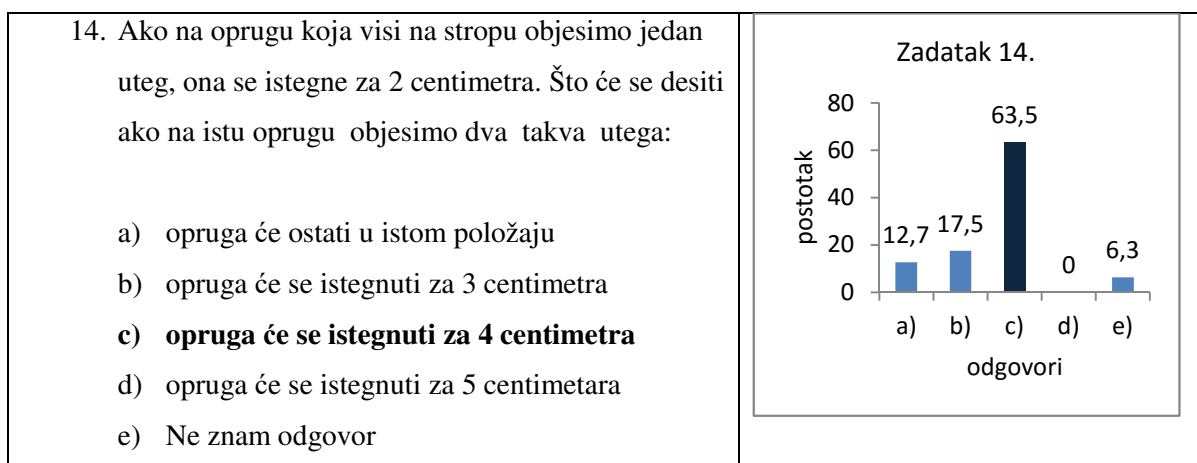
Pitanje koje se često koristi kada se ispituju predkonepcije vezane za gustoću i koje pokazuje da su one čvrsto ukorijenjene u svijesti učenika. Točnost odgovora b) od 38,1% govori nam da su neki učenici uspješno savladali predkonepcije i dali točan odgovor. No, to je još uvijek mali postotak s obzirom na svakodnevne situacije s kojim se učenici susreću i gdje se vidi da ulje pliva na vodi. Ovo pitanje ima nešto manji postotak točnih odgovora od prosjeka testa.



Kod netočnih odgovora najviše se ističe odgovor a) s visokih 57,1%. Učenici koji su dali taj odgovor povodili su se za činjenicom da je ulje „gusto“, „ljepljivo“, a zanemarili su činjenici da pri miješanju ulja i vode, ulje ispliva na površinu vode. Obzirom da je pojam gustoće obrađen i u kemiji, zabrinjavajući je ovaj postotak netočnih odgovora. Odgovori c) i e) imaju zanemariv postotak.

#### Zadatak 14.

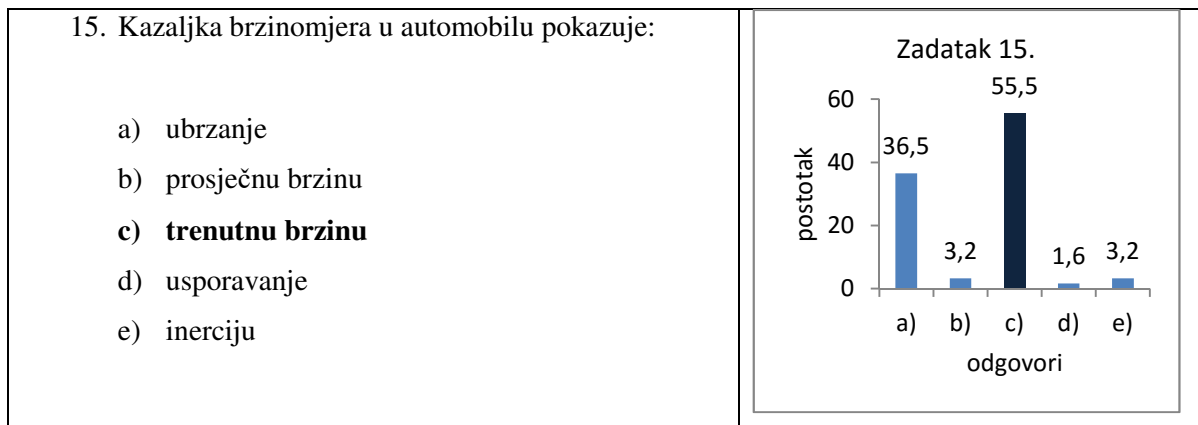
Ovim pitanjem ispituje se razumijevanje pojma proporcionalnosti kod učenika. Pošto je pojam proporcionalnosti važan za razumijevanje fizikalnih problema i zadataka, poželjno bi bilo da je ovaj postotak što veći. Točan odgovor c) sa 63,5% pokazuje da dobar dio učenika razumije ovaj pojam, no, s obzirom da je zadatak dosta jednostavan, očekivan je i veći postotak točnih odgovora. Ovo pitanje ima veći postotak točnih odgovora od prosjeka testa.



Odgovor b) s 17,5% najzastupljeniji je kod netočnih odgovora. Zanimljivo je da ne postoji suvislo objašnjenje za ovaj rezultat jer zbrajanje centimetara istezanja za svaki uteg nikako ne vodi do tog rezultata. Jedino moguće razmišljanje je da se opruga može istegnuti samo do određene vrijednosti ili da se je već maksimalno istegnula kao u odgovoru a) s 12,7%. Odgovor e) s 6,3% pokazuje i suprotno razmišljanje da se opruga rasteže sve više. Svi ovi netočni odgovori upućuju na nerazumijevanje linearne proporcionalnosti i zabrinjavajući su s obzirom da 36,5% učenika ne razumije taj pojam. Slične vrijednosti dobivene su u 3 zadatku te možemo zaključiti da trećina učenika ne razumije taj problem.

### Zadatak 15.

Pitanje iz svakodnevnice situacije koje se često koristi kada se ispituju predkonceptije vezane za brzinu. Točnost odgovora c) od 55,5% govori nam da veći broj učenika ispravno razmišlja i koristi dobar pojam. No, to je još uvijek mali postotak s obzirom na svakodnevnice situacije s kojima se učenici susreću.



Kod netočnih odgovora najviše se ističe odgovor a) s visokih 36,5%. Učenici koji su dali taj odgovor povodili su se za činjenicom da automobil u određenom trenutku ubrzava. Odgovori b), d) i e) imaju zanemariv postotak. Uzevši u obzir da pojmovi vezani za brzinu i ubrzanje nisu obrađivani u 7. razredu, možemo reći da rezultat i nije toliko loš s obzirom na korištene pojmove.

#### 4.5 Zaključna analiza zadataka

Analizom svih zadataka otkrivaju se neke poteškoće koje imaju učenici pri poimanju osnovnih fizikalnih pojmova. Učeničke predkonceptije još uvijek su jedan od najvećih problema pri savladavanju fizikalnih pojmova. Pitanja u testu koja su vezana za predkonceptije imaju većinom slab ili zadovoljavajući postotak. Vidljivo je i da neki učenici imaju problema s razumijevanjem pročitanog teksta kao i s korištenjem osnovnih matematičkih operacija.

Pitanja o brzini padanja tijela različitih masa i ploština imaju uvjerljivo najslabiji rezultat. Učenici u najvećem broju tijelu veće mase pridodaju i veću brzinu jer im je to „logički“.

Razlika pojma masa i pojma težina još uvijek predstavlja problem velikom broju učenika. Najčešćim izjednačavanjem tih pojmova vidljivo je da svoje predkonceptije nisu, tijekom obrade školskog gradiva, promijenili u pravilne koncepcije.

Pitanjem o miješanju tvari, različitih masa, vidimo učeničke predkonceptije “ da jedno tijelo nestaje u drugom“, a zbroj njihovih masa daje različite odgovore. Ovdje je vidljivo da pojam mase tijela, kod dobrog dijela učenika, nije usvojen na zadovoljavajući način.

Gustoća kao pojam često predstavlja krivo poimanje kod učenika. Neki učenici su pojam usvojili i pravilno razmišljaju kada ga treba primijeniti. No, kod nekih učenika taj pojam asocira na pojmove: „gušće“, „rjeđe“, „tvrđe“, „mekše“, pa tako i pripadajući odgovori nisu zadovoljavajući.

Pojam put usvojen je kod većine učenika no, ipak zabrinjava činjenica da četvrtina učenika taj pojam izjednačava s pojmom udaljenosti. Razlikovanje tih pojmova važno je radi lakšeg usvajanja pojma brzine.

Mjerenje intervala vremena, mada se uči od drugog razreda osnovne škole, još uvijek predstavlja dosta velik problem kod učenika. Iako se s mjerenjem vremena učenici gotovo svakodnevno susreću, zabrinjavajući je broj netočnih odgovora.

Pojam linearne proporcionalnosti pokazuje da učenici u dobrom dijelu razumiju taj pojam. Manji broj učenika ima problema s poimanjem tog pojma.

Obrnuta proporcionalnost malo je složenija i učenicima teže razumljiva pa su stoga i rezultati nešto lošiji.

Pojam volumena i promjene volumena većina učenika je usvojila, no, zabrinjavajuća je činjenica nerazumijevanja mjernih jedinica volumena i nepoznavanje činjenice  $1 \text{ litra} = 1 \text{ dm}^3$ . Ta činjenica uči se od trećeg razreda osnovne škole, kao i u predmetima kemija i matematika, pa je time nepoznavanje ove činjenice zabrinjavajuće.

Sila koja djeluje na podlogu (težina) razumljiva je tek polovici učenika što je mali broj s obzirom da se taj pojam kasnije često koristi.

Pojam tlaka, koji je vezan za pojmove sila i ploština, isto tako ima tek polovičnu usvojenost što možemo protumačiti s istom takvom usvojenošću pojmova sila i ploština, ali i poimanjem linearne proporcionalnosti i obrnute proporcionalnosti.

Problem čitanja s razumijevanjem kod nekih učenika predstavlja nerješiv problem jer ti učenici teško mogu rješavati i najjednostavnije fizikalne probleme.

Osnovne matematičke operacije također predstavljaju problem jer njihovo razumijevanje i primjena nužna je za rješavanje fizikalnih problema.



## Zaključak

Uspješna nastava fizike jedan je od najvećih izazova u suvremenom obrazovanju. Da bi ta nastava stvarno bila uspješna moramo znati s kakvim se problemima susreću učenici u nastavi fizike. Rješavanjem tih problema olakšavamo učenicima rad, a samim time, i poimanje osnovnih fizikalnih pojmova. Jedan od osnovnih pojmova s kojima se učenici najprije susreću, su mjerne jedinice. Njihovo poznavanje ključno je za rješavanje matematičkih zadataka, ali i za razumijevanje pojmova s kojima ih se povezuje.

Ovaj diplomski rad posvećen je istraživanju edukacijskih pretpostavki za usvajanje osnovnih i izvedenih mjernih jedinica. U svrhu istraživanja korišten je konceptualni test kojim su testirani učenici sedmih razreda. Test sadrži 15 pitanja, višestrukog izbora, koja istražuju predkonceptije, ali i ostale čimbenike koji utječu na razumijevanje osnovnih i izvedenih mjernih jedinica.

Analizom testa uočeno je da su krive učeničke koncepcije u velikoj mjeri zastupljene u učeničkim razmišljanjima, te da neke, ni uz obrađeni sadržaj, nisu preoblikovane u pravilne koncepcije.

Čitanje s razumijevanjem, problem koji se javlja kod manjeg broja učenika, zabrinjava, ali on nije u domeni učitelja fizike. U novije vrijeme veći problem predstavljaju osnovne matematičke operacije, koje su kod nekih učenika, uporabom raznih digitalnih sredstava, izgubile automatizam i razumijevanje.

Uspoređujući neka pitanja iz testa sa sličnim pitanjima koja su se već provodila na raznim istraživanjima, vidljivo je da su rezultati jako slični što ukazuje da se nastava fizike nije puno promijenila.

Uspoređujući rezultate predtesta u četvrtom razredu i rezultata testa u sedmom razredu, uočeno je da se ukupni rezultati kod nekih pitanja razlikuju za mali postotak. Veća razlika u postotku točnih odgovora uočena je kod pitanja koja su više vezana za sadržaje koji su obrađivani u sedmom razredu, kao što su težina tijela, gustoća i tlak.

Pošto se konceptualno razumijevanje smatra najvažnijom razinom postignuća u učenju fizike, ono je nužno za ostvarivanje viših kognitivnih razina postignuća, što je moguće samo uz kvalitetnu interaktivnu nastavu. Za razvoj konceptualnog razumijevanja na školskoj razini može poslužiti konceptualni test iz ovog diplomskog rada, u svrhu unaprjeđenja konceptualnog razumijevanja tog područja.

## Literatura:

- Krsnik, Rudolf, Učenik i učenje fizike; Što govore rezultati istraživanja
- Usvojenost nekih temeljnih fizikalnih ideja kod gimnazijalaca i studenata fizike, Maja Planinić, Rudolf Krsnik, Planinka Pećina, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb
- Najvažniji rezultati edukacijskih istraživanja u fizici, Maja Planinić, Prirodoslovno – matematički fakultet, Fizički odsjek, Zagreb
- Daneman, M., Individual differences in reading skills, U R. Barr, M. L. Kamil, P. B. Mosenthal, P. D. Pearson (ur.), *Handbook of reading research*, Mahwah, NJ: LEA. Vol II/1996
- Razvojna psihologija, PPDMO, CIRCO, ak. god. 2012/2013. Doc. dr. sc. Ina Reić Ercegovac
- Andrić, V. i Čudina-Obradović M. (1985). Osnove opće i razvojne psihologije, Tiskara, Nova Gradiška
- FIZIKA 7, udžbenik fizike za sedmi razred osnovne škole  
Autori: Ramiza Kurtović, Vladis Vujnović, Marija Šuveljak, Zvezdana Heđi, Davor Horvatić; Nakladnik: PROFIL
- Rončević – Zubković, B. (2008) Uloga radnog pamćenja i strategijskog procesiranja u razumijevanju čitanja kod djece, doktorska disertacija, Filozofski fakultet, Sveučilište u Zagrebu
- Kvalitativna analiza ispita provedenih 2008. Godine u osnovnim školama, Fizika-kemija, NCVVO

## Reference:

<http://nastava.hfd.hr/simpozij/2001/2001-Krsnik.pdf>

[https://marul.ffst.hr/centri/circo/Nastava/Kognitivni\\_razvoj.pdf](https://marul.ffst.hr/centri/circo/Nastava/Kognitivni_razvoj.pdf)

[http://eskola.hfd.hr/clanci/Fizikalna\\_otkriva\\_u\\_kontekstu\\_nastajanja\\_Petar\\_Jandric.pdf](http://eskola.hfd.hr/clanci/Fizikalna_otkriva_u_kontekstu_nastajanja_Petar_Jandric.pdf)

[http://www.periodni.com/hr/medunarodni\\_sustav\\_mjernih\\_jedinica.html](http://www.periodni.com/hr/medunarodni_sustav_mjernih_jedinica.html)

<http://glossary.periodni.com/>

<http://hjp.znanje.hr/index.php?show=search>

<http://en.wikipedia.org>

## Prilog

### Konceptualni test iz fizike

1. Ivan izvodi psa u šetnju od kuće do trgovine. Ivan hoda ulicom dok pas trčkara naokolo. Zajedno dolaze do trgovine. Tko je prošao duži put?
  - a) Pas je prošao duži put
  - b) Ivan je prošao duži put
  - c) Prošli su isti put
  - d) Onaj tko je stigao u kraćem vremenu, prošao je duži put
  - e) Ne znam odgovor
  
2. Ana je krenula na put u 15 sati i 45 minuta i stigla na cilj u 17 sati i 15 minuta. Njen put trajao je:
  - a) manje od 1 sat
  - b) točno 1 sat
  - c) između 1 sata i 2 sata
  - d) točno 2 sata
  - e) više od 2 sata
  
3. Marko i Matija trče uzduž nogometnog igrališta. Dok je Marko pretrčao cijelo nogometno igralište, Matija je došao do polovice. Što možemo reći o njihovim brzinama?
  - a) Matija i Marko jednako brzo trče
  - b) Marko malo brže trči od Matije
  - c) Matija malo brže trči od Marka
  - d) Matija trči dvostruko većom brzinom od Marka
  - e) Marko trči dvostruko većom brzinom od Matije
  
4. Težina tijela je:
  - a) isto što i masa tijela
  - b) sila kojom tijelo djeluje na podlogu ili ovjes
  - c) mjera za tromost ili inerciju tijela
  - d) količnik mase i volumena
  - e) ne znam odgovor
  
5. U dvije litre vode (2 kg vode) umiješamo 1 kilogram soli. Što ćemo dobiti:
  - a) slanu vodu mase 1 kilograma
  - b) slanu vodu mase 2 kilograma
  - c) slanu vodu mase 2,5 kilograma
  - d) slanu vodu mase 3 kilograma
  - e) slanu vodu kojoj masu možemo izmjeriti samo vagon

6. List s grane i kamen padaju s iste visine. Kamen je pao prije:
- jer je nepravilnog oblika
  - jer ima veću masu od lista
  - zbog gravitacijske sile
  - zbog gustoće kamena i lista
  - zbog manje ploštine kamena
7. Masa nogometne lopte je:
- ista na Zemlji i na Mjesecu
  - veća na Zemlji
  - veća na Mjesecu
  - ovisi o udaljenosti Zemlje i Mjeseca
  - ovisi o udaljenosti Sunca i Mjeseca
8. U čašu s vodom ubacimo kamen. Razina vode u čaši:
- ostat će ista
  - će se smanjiti
  - će se povećati
  - ovisi od temperature vode
  - ne znam odgovor
9. Jednu litru vode izlijemo u posudu u obliku kocke duljine stranica 1 dm. Posuda će biti:
- do pola ispunjena vodom
  - cijela ispunjena vodom
  - ispunjena više od pola
  - ispunjena manje od pola
  - puna i još će voda curiti izvan posude
10. Hodajući po dubokom snijegu ne propadamo na skijama kao u cipelama jer:
- skije imaju veću masu od cipela
  - su skije dulje od cipela
  - skije imaju veću ploštinu od cipela
  - se na skije ne prima snijeg
  - skije imaju glatku površinu
11. Usporedite kakav je pritisak na podlogu (tlak) dječaka od 45 kilograma, ako stoji na jednoj nozi ili na obadvije.
- Pritisak na podlogu je veći ako dječak stoji s obadvije noge
  - Pritisak na podlogu je veći ako dječak stoji na jednoj nozi
  - Pritisak na podlogu je isti jer je masa ista
  - Pritisak na podlogu je isti jer je težina ista
  - Zavisi od gustoće površine

12. Dva novčića, jedan od 5 kuna a drugi od 50 lipa pustimo na pod s iste visine. Prije će pasti:
- a) novčić od 5 kuna
  - b) novčić od 50 lipa
  - c) ovisi o gustoći zraka
  - d) past će istovremeno
  - e) ne znam odgovor
13. Što ima veću gustoću: ulje ili voda?
- a) Ulje
  - b) Voda
  - c) Ulje i voda imaju jednaku gustoću
  - d) Ovisi o temperaturi vode i ulja
  - e) Ne znam odgovor
14. Ako na oprugu koja visi na stropu objesimo jedan uteg, ona se istegne za 2 centimetra. Što će se desiti ako na istu oprugu objesimo dva takva utega:
- a) opruga će ostati u istom položaju
  - b) opruga će se istegnuti za 3 centimetra
  - c) opruga će se istegnuti za 4 centimetra
  - d) opruga će se istegnuti za 5 centimetara
  - e) Ne znam odgovor
15. Kazaljka brzinomjera u automobilu pokazuje:
- a) ubrzanje
  - b) prosječnu brzinu
  - c) trenutnu brzinu
  - d) usporavanje
  - e) inerciju