

# Suvremena nastava fizike: miskonceptije u savladavanju sila

---

**Vulama, Monika**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2020**

*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:217:385056>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-04-18**



*Repository / Repozitorij:*

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**PRIRODOSLOVNO–MATEMATIČKI FAKULTET**  
**MATEMATIČKI ODSJEK**

Monika Vulama

**SUVREMENA NASTAVA FIZIKE:  
MISKONCEPCIJE U  
SAVLADAVANJU SILA**

Diplomski rad

Voditelj rada:  
Doc. dr. sc. Dalibor Paar

Zagreb, 2020.

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

1. \_\_\_\_\_, predsjednik
2. \_\_\_\_\_, član
3. \_\_\_\_\_, član

Povjerenstvo je rad ocijenilo ocjenom \_\_\_\_\_.

Potpisi članova povjerenstva:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

*Ovaj rad posvetila bih svojim roditeljima te kolegama s fakulteta koji su mi pružili veliku podršku za vrijeme studiranja.*

# Sadržaj

Sadržaj	iv
Uvod	1
<b>1 Suvremena nastava fizike</b>	<b>2</b>
1.1 Začeci suvremene nastave fizike . . . . .	2
1.2 Miskonceptije . . . . .	3
1.3 Interaktivna istraživački usmjerena nastava fizike . . . . .	6
<b>2 Sila</b>	<b>7</b>
2.1 Sila u nastavi . . . . .	7
2.2 Miskonceptije u svladavanju sila . . . . .	11
<b>3 Zaključak</b>	<b>23</b>
<b>Bibliografija</b>	<b>24</b>
<b>Sažetak</b>	<b>24</b>
<b>Summary</b>	<b>25</b>
<b>Životopis</b>	<b>27</b>

# Uvod

Miskoncepcije i predkoncepcije uobičajna su pojava kod učenika kada se susretnu s nastavom fizike. Obzirom da fizika objašnjava pojave s kojima su se učenici susretali tijekom života, teško bi bilo zamisliti da si te pojave učenici već nisu pokušali objasniti na neki način. Suvremena nastava fizike temelji se na mnogim istraživanjima koja prihvaćaju učeničke predkoncepcije i miskoncepcije te je uloga nastavnika fizike ispraviti predkoncepcije koje su učenici razvili tijekom godina i konceptualnim pitanjima te pripadajućim pokusima ispraviti učeničke miskoncepcije.

Sila se kao fizikalna veličina javlja na samome početku nastave fizike, odnosno u sedmom razredu osnovne škole te se proteže sve do kraja školovanja. Vrlo je bitno da se učenicima od samog početka ukaže na važnost te fizikalne veličine i dovede do njenog razumijevanja. Od velike su važnosti pokusi, koji za razumijevanje ove fizikalne veličine mogu biti vrlo jednostavni te ne zahtijevaju mnogo opreme, kao i dobro sastavljena konceptualna pitanja pomoću kojih učenici samostalno mogu doći do zaključaka te tako sami stvoriti značenje pojma sile. Za to vrijeme uloga nastavnika je da pravilno vodi učenički tok misli. Isto tako, vrlo je važno ukazati učenicima da pojam sile nije jedinstven, tj. da postoje različite vrste sila te da one nisu uvijek konstantne veličine. U ovom diplomskom radu naglasak će upravo biti na učeničkim pogrešno usvojenim konceptima i kako se ti pogrešno usvojeni koncepti kod učenika javljaju unatoč promijeni načina izvedbe nastave. Isto tako bit će navedeni neki načini kako se neke od tih miskoncepcija mogu ispraviti.

# Poglavlje 1

## Suvremena nastava fizike

### 1.1 Začeci suvremene nastave fizike

Metodika prirodnih znanosti, pa tako i fizike, doživjela je velike promjene početkom 20. stoljeća. Naime, do tada je nastave fizike uglavnom značila reproduciranje sadržaja, dok se danas inzistira na razumijevanju te sposobnosti primjene stečenog znanja [4]. Nagli razvoj koji je doveo do revolucionarnih ideja i postignuća može se podijeliti u tri sukcesivna koraka:

- primjena Piagetovih ideja
- uočavanje uloge učeničkih pretkonceptija
- konstruktivizam [2]

Iako je svaki od ovih koraka podjednako važan, uočavanje uloge učeničkih pretkonceptija iznimno je bitno za nastavak rada.

### Uočavanje uloge učeničkih pretkonceptija

Uočavanje i spoznaja da veliku ulogu u učenju imaju učeničke intuitivne ideje i pretkonceptije. U nizu istraživanja na crti Piagetovih ideja neki su njegovi rezultati korigirani u određenim detaljima, ali se došlo i do bitnih novih rezultata. Već je Piaget tvrdio da dječji um nije "tabula rasa", nego da se svako učenje temelji na

dogradnji već postojećeg znanja. U 1970-im godinama uočeno je da učenici prije učenja određenog znanstvenog koncepta nisu "tabula rasa" glede tog koncepta, već o njemu imaju određene intuitivne ideje, pretkonceptije, koje su stekli na temelju iskustva i pojednostavljenog zaključivanja, preko medija i u svakidašnjem razgovoru. Najčešće te pretkonceptije, koje nastaju njihovom intuitivnom konceptualizacijom iskustva ili primljenih informacija, nisu u skladu sa znanstvenim konceptijama, odnosno sa znanstvenim znanjem, pa čine barijeru u ispravnom konceptualnom usvajanju znanstvenog znanja u školi. Od osamdesetih godina 20. stoljeća nastaje prava lavina istraživanja učeničkih pretkonceptija u različitim područjima fizike, posebno u mehanici. Ta je vrsta istraživanja aktualna i danas [2].

Istraživanja su jasno pokazala kako je uloga pretkonceptija u nastavi fizike vrlo velika. Naime, postoje slučajevi u kojima učeničke pretkonceptije pomažu pri usvajanju fizikalnih konceptata, no nažalost, većinom čine veliku prepreku u razumijevanju istih. Kako je navedeno, istraživanja na tu temu aktualna su i danas, no navodi se kako je među istraživačima postignut dogovor da se prilikom obrade bilo kojeg sadržaja, pretkonceptije trebaju tretirati u dva postepena koraka. Prvi korak je identifikacija učeničkih pretkonceptija, dok je drugi korak poticanje procesa konceptualne promjene, u kojem se neispravne pretkonceptije zamjenjuju ispravnim konceptima [2].

## 1.2 Miskonceptije

Tijekom procesa učenja, kad je učenik suočen s novom idejom ili konceptom, Piagetova teorija pruža uvid u kognitivne procese i načine na koje se učenik nosi s tom idejom te ih je kategorizirao kao asimilaciju, akomodaciju i odbacivanje. Ukoliko je učenik suočen s idejom koja nije u skladu s njegovim mentalnim modelima, najjednostavniji i kognitivno najmanje zahtjevan proces do kojeg može doći kod učenika jest odbacivanje te nove ideje, tj. učenik tu novu ideju nije u mogućnosti uklopiti ili opravdati postojećim znanjem ili je ona u suprotnosti s tim znanjem te je on jednostavno ne prihvaća i ovaj proces ne rezultira učenjem. Ako je nova ideja ili koncept u skladu s učeničkim modelima i znanjima i može se pomoću njih objasniti ili opravdati, taj



kognitivni proces Piaget naziva asimilacijom; nova ideja postaje dijelom postojećih modela i kod učenika dolazi do učenja. Konačno, kognitivno najzahtjevniji proces je akomodacija u kojem učenik mora djelomično ili u cijelosti promijeniti svoje kognitivne modele kako bi uklopio novu ideju ili kako bi je objasnio jer postojeći modeli i znanja nisu bili dostatni. Međutim, prilikom procesa asimilacije i akomodacije kod učenika mogu nastati miskoncepcije ili alternativni koncepti, tj. učenici mogu razviti modele i ideje koji nisu u suglasju sa znanstvenim spoznajama.

Bez obzira na izvor, miskoncepcije su često čvrsta uvjerenja i vrlo su otporne na promjenu (čemu ponekad pridonosi i činjenica da su utemeljene na svakodnevnom iskustvu), no da bi došlo do kvalitetnog učenja, nastavnik mora prepoznati miskoncepcije te potaknuti konceptualnu promjenu kod učenika kroz proces aktivnoga učenja. Neke od metoda kojima se nastavnik može poslužiti su[4]:

- Metoda kognitivnoga konflikta
- Metoda supstitucije koncepata
- Metoda analogije
- Metoda sokratskoga razgovora

### **Metoda kognitivnoga konflikta**

Metoda kognitivnoga konflikta uključuje direktno suprotstavljanje učeničke miskoncepcije sa znanstvenim istinama, najčešće izvođenjem pokusa. Međutim, kako je ranije rečeno, miskoncepcije su čvrsta uvjerenja i otporne su na promjenu, učenici najčešće ne napuštaju stare modele i ideje u potpunosti, nego ih djelomično modificiraju i prilagođavaju što rezultira hibridnim modelima koji ipak zahtijevaju manje kognitivnih napora od strane učenika nego potpuna akomodacija. Ukoliko nastavnik uoči ovakve hibridne modele, javlja se potreba za daljnjom intervencijom u učeničko zaključivanje, kako bi se učeniku olakšala gradnja točnog znanstvenog modela.

## Metoda supstitucije koncepata

Metoda supstitucije koncepata polazi od činjenice da nisu sve učeničke miskoncepcije u potpunosti netočne. Naime, miskoncepcije koje se mogu ispraviti ovom metodom najčešće predstavljaju točne ideje ili objašnjenja koja su usmjerena na krivi pojam ili koncept. Zbog ovoga, metoda zamijene koncepata manje je kognitivno zahtjevna od metode kognitivnog konflikta. Ova metoda ne podrazumijeva potpuno napuštanje starih ideja i izgradnju sasvim novih modela, već samo usmjeravanje postojećih znanja na novi koncept ili pojam te je kao takva učenicima prihvatljivija i jednostavnija.

## Metoda analogije

Metoda analogije koristi se kad se učenicima fizička stvarnost pokušava predočiti svakodnevnim intuitivnim idejama. Znanstvena ideja učenicima se predstavlja idejama kojima su im intuitivno prihvatljive i utemeljene na njihovom iskustvu. Međutim, ova metoda može postati izvorom novih miskoncepcija ukoliko učenici nastave zaključivati na temelju analogije u područjima gdje veze između znanstvene ideje i intuitivnoga analogona prestaju, tj. prilikom korištenja analogija, učenicima je potrebno osvijesti dokle analogija seže i upoznati ih s njezinim ograničenjima. Učenici su također skloni ovoj metodi jer ima uporište u njima poznatim i prihvaćenim idejama te im je samim time i manje kognitivno zahtjevna.

## Metoda sokratskog razgovora

Metoda sokratskoga razgovora slična je metodi kognitivnog konflikta jer nastavnik učenika dijalogom, postavljanjem pitanja, vodi do zaključaka koji predstavljaju znanstvene ideje, ali ti zaključci često su u suprotnosti s učeničkim idejama i predviđanjima. Ova metoda također uključuje akomodaciju modela te često učenicima predstavlja kognitivni izazov, ali može postati i izvorom frustracije, ako učenik ne uspije doći do željenih zaključaka. Također, metoda sokratskoga dijaloga vremenski je zahtjevna i mora se provoditi s manjim grupama učenika kako bi njezin učinak bio što efikasniji i kako bi dijalog bio što kvalitetniji, no ovi uvjeti nisu uvijek lako ostvarivi.

### **1.3 Interaktivna istraživački usmjerena nastava fizike**

U današnje vrijeme nastavnici fizike, vođeni provedenim istraživanjima, nastoje što manje provoditi tradicionalan, predavački oblik nastave. Naime, glavno obilježje predavačkog oblika nastave je to da je nastavnik u središtu i izlaže nastavni sadržaj, dok su učenici za to vrijeme intelektualno pasivni. Takav oblik nastave može biti učinkovit za prenošenje informacija, no nije pogodan za razvijanje razumijevanja složenih koncepata ili sposobnosti znanstvenog zaključivanja. Isto tako, učinak ovog oblika nastave u konceptualnom razumijevanju vrlo je mali te je gotovo neovisan o predavaču jer učenici zapravo uče kod kuće. Stoga, nastavnici danas teže aktivnom učenju, odnosno, visokom stupnju intelektualnog angažmana učenika. Aktivno učenje postiže se interaktivnom, istraživački usmjerenom nastavom.

#### **Obilježja interaktivne, istraživački usmjerene nastave fizike**

Interaktivna, istraživački usmjerena nastava fizike oblik je nastave u kojem se učenicima predstavlja istraživački karakter fizike kao znanstvene discipline. Učeničko razumijevanje fizike razvija se kombiniranjem znanja i znanstvenog zaključivanja, tj. nastoji se učenike potaknuti na smisljeno i dublje učenje, a odmaknuti od pukog memoriranja. Ovakav oblik nastave postiže se korištenjem učinkovitih nastavnih metoda [2].

#### **Istraživački pristup**

Istraživački pristup odnosi se na način izvođenja nastave u kojem učenici samostalno pokušavaju odgovoriti na znanstvena pitanja te pri tome pokušavaju formulirati i testirati hipoteze. Kako bi mogli testirati hipoteze, osmišljaju i provode pokuse unaprijed zapisujući predviđanja, a kasnije opažanja i zaključke. Nakon što su proveli testiranje, učenici međusobno prezentiraju rezultate te argumentiraju i brane svoje zaključke. Svrha ovakvog pristupa je razvijati znanstveno razmišljanje i zaključivanje te postizanje boljeg razumijevanja fizičkih pojava, procesa i njihovih zakonitosti [2].

# Poglavlje 2

## Sila

Sila je pojam koji se u nastavi fizike spominje na samome početku, odnosno u sedmom razredu osnovne škole i kao pojam se proteže do kraja naobrazbe. Međutim, nastava fizike u sedmom razredu osnovne škole nije prvi puta da se učenici susretnu s tim pojmom. Naime, pojam sile često se u svakodnevnom jeziku koristi kao pojam koji uzrokuje neku promjenu, bila ona povijesna, politička, društvena itd. Stoga učenici već imaju intuitivnu definiciju, odnosno pretkonceptiju, pojma sile koju zapravo stječu već u vrtiću.

### 2.1 Sila u nastavi

Prema Nacionalnom okvirnom kurikulumu nastavnog predmeta fizika nastavni sadržaj podjeljen je u četiri velike domene:

- Struktura tvari
- Međudjelovanje
- Gibanje
- Energija

Pojam koji nas zanima u ovom radu, tj. sila, pripada drugoj domeni, odnosno međudjelovanju. A u kurikulumu <sup>1</sup> je domena međudjelovanja opisana na sljedeći način.

### Međudjelovanje

*Unutar ove domene učenik proučava ideje povezane s pitanjima: zašto tijela mijenjaju stanje gibanja, zašto padaju na Zemlju te zašto se neka tijela privlače, a druga ne.* U tu svrhu istražuje fundamentalne sile koje pokreću sva međudjelovanja u svemiru: gravitacijsku silu koja određuje međudjelovanje masa, elektromagnetsku silu koja određuje međudjelovanje naboja, magnetizam i elektromagnetske valove te slabu i jaku nuklearnu silu koje kontroliraju međudjelovanje čestica unutar atomske jezgre te uzrokuju nuklearne raspade i radioaktivno zračenje. Kroz ovo istraživanje uči da je razumijevanje međudjelovanja važno za opis promjene gibanja tijela, kao i za predviđanje stabilnosti ili nestabilnosti sustava na bilo kojoj skali. Privlačenje i odbijanje električnih naboja na atomskoj skali vodi ga prema razumijevanju strukture, osobina i načina transformacije tvari. Da bi opisao sile koje djeluju na daljinu, učenik se dotiče i osnovne ideje koja leži u jezgri svih interakcija, ideje polja koje sadrži energiju i može ju prenijeti kroz prostor.

Međutim, međudjelovanje tijela teško je odvojiti od pojma gibanja jer su te dvije teme usko povezane. Stoga se one često isprepliću.

### Pojam sile u kurikulumu

Kao što je već navedeno nastava fizike za učenike osnovnih škola započinje u sedmom razredu, a pojam sile uvodi se u drugoj cjelini Međudjelovanje tijela. Iako definicija nije u potpunosti jednaka u svim udžbenicima, u suštini se svodi na sljedeće:

*Sila je fizička veličina koja opisuje međudjelovanje tijela.*

---

<sup>1</sup>[https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019\\_01\\_10\\_210.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_01_10_210.html)

Sada se uvodi oznaka za silu  $F$  te njezina mjerna jedinica njutn ( $N$ ). Prema kurikulumu<sup>2</sup> inzistira se na uvođenju sile kao vektorske veličine, odnosno, uvodi se pojam vektora te njegove karakteristike. Nadalje, učenicima se predstavljaju različite vrste sila te se prvenstveno raspravlja o silama koje djeluju na daljinu te silama koje djeluju na dodir. Međudjelovanje tijela i čestica opisujemo silom. Ovdje je vrlo bitno učenicima pokusom prikazati isto te je dovoljno prikazati djelovanje dva magneta kao djelovanje sile na daljinu, odnosno, guranje predmeta kao primjer sile koja djeluje u dodiru.

Učenici se također upoznaju sa silom težom i težinom. Sila teža je gravitacijska sila kojom Zemlja djeluje na tijela koja su na njezinoj površini, a težina je sila kojom tijelo djeluje na podlogu na kojoj se nalazi ili na ovjes na koji je ovješeno. Učenici povezuju produljenje opruge s težinom ovješene utega te opisuju elastičnu silu i svojstvo elastičnosti na primjerima. Elastičnost je svojstvo čvrstih tijela (materijala) da pod utjecajem vanjske sile mijenjaju svoj oblik ili volumen i da se, nakon prestanka njezina djelovanja, vraćaju u prvotni oblik.

Nakon toga učenici konstruiraju koncept sile trenja, analiziraju njen učinak te usvoje da je sila trenja sila kojom se tijelo opire gibanju po površini drugog tijela. Od učenika se tu zahtjeva da znanju opisati ovisnost sile trenja o vrsti dodirnih ploha i pritisknoj sili. Ovdje je važno naglasiti preporuku koja se pojavljuje uz ovu temu u kurikulumu, a u kojoj se navodi da je za učenike dobro da steknu osjećaj za iznose sila koje svakodnevno koriste i da ih uspoređuju te da je dobro raspraviti s učenicima koliku silu treba upotrijebiti za podizanje nekog tereta ili za vuču. Preporuča se i da učenici razumiju kakav je utjecaj sile uzgona u pomorstvu i životinjskom svijetu. Da bi ostvarili taj ishod učenici trebaju osvijestiti da je uzgon sila u fluidu koja tijelo uronjeno u fluid potiskuje prema gore, a nastaje kao rezultanta sila uzrokovanih razlikom hidrostatskih tlakova na površinu tijela na različitim dubinama. Također učenici bi trebali razlikovati masu i težinu, odnosno naučiti da je masa mjera tromosti tijela i spada u jednu od osnovnih fizičkih veličina, a da pod tromost mislimo na sposobnost tijela da kad miruje nastoji ostati u stanju mirovanja, a kad se giba da se nastoji nastaviti gibati.

---

<sup>2</sup>[https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019\\_01\\_10\\_210.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_01_10_210.html)

U prvom razredu srednje škole učenik se opet direktno susreće s pojmom sile i to ponovo u domeni međudjelovanje. Od učenika se zahtjeva da opisuje međudjelovanje tijela i vrsta sila, tumači pokuse i primjere pomoću I. Newtonovog zakona i objašnjava relativnost mirovanja i jednolikoga pravocrtnog gibanja. Učenik bi također trebao naučiti tumačiti značenje inercijalnog sustav, odnosno sustava koji se jednoliko giba ili miruje u odnosu na referentni sustav, a te bi trebao moći navesti primjere realnih gibanja koja se mogu modelirati kao jednolika pravocrtna gibanja i povezati ih s I. Newtonovim zakonom. Poseban ishod je i primjena II. Newtonovog zakona gdje bi učenik, kako bi ostvario taj ishod, trebao istražiti ovisnost ubrzanja o sili i masi, odrediti iznos sile teže i opisati slobodni pad, odrediti iznose elastične sile, reakcije podloge, sile trenja i napetosti niti. Kao izborni ishod ovdje se navodi da učenik istražuje i opisuje horizontalni hitac. Od učenika se očekuje da zna da je horizontalni hitac gibanje tijela, izbačenog horizontalno brzinom  $v_0$ , uz djelovanje sile teže. Učenik bi nakon obrade ovih nastavnih sadržaja bio sposoban prepoznati djelovanje više sila na tijelo i prikazati ih dijagramom sila, odrediti iznos rezultante više sila na pravcu, grafički prikazati i tumačiti ovisnost akceleracije  $a$  o sili i o masi, tumačiti statičko i dinamičko trenje. Vezano za trenje učenik bi trebao moći i matematički prikazati i tumačiti silu trenja. Od učenika se očekuje i sposobnost matematičkog i grafičkog prikaza elastične sile. Nakon što učenici usvoje I. i II. Newtonov zakon od učenika sljedeći ishod očekuje da učenici Primjene III. Newtonov zakon odnosno trebali bi primjenuti da ako tijelo A djeluje silom na tijelo B, tada i tijelo B djeluje prema iznosu jednakom, ali suprotno orijentiranom silom na tijelo A i zakon očuvanja količine gibanja odnosno da je u zatvorenom sustavu ukupna količina gibanja svih tijela stalna. U razradi ishoda od učenika se očekuje da analizira primjere pomoću III. Newtonovog zakona, povezuje impuls sile s promjenom količine gibanja te primjenjuje zakon očuvanja količine gibanja. Učenik bi trebao znati odrediti u primjerima odgovarajuće parove sila prema III. Newtonovu zakonu te na primjerima povezati impuls sile i promjenu količine gibanja. Jako je važna preporuka koja se navodi uz ove ishode, a u kojoj preporuča da se Newtonove zakone poveže sa stvarnim situacijama i učenikovim iskustvima kao što su hodanje, trčanje, vožnja bicikla, vožnja na vrtuljku i slično u svrhu povećanja motivacije za učenje i povećanja relevantnosti sadržaja za učenika. Pojam sile proteže se kroz cijelo obrazovanje učenika, samo u

sedmom i prvom razredu srednje škole je posebno naglašen ovaj koncept dok se u ostalim razredima od učenika očekuje da su ovladali konceptom sile i da to znanje mogu primijeniti na ostale nastavne teme.

## 2.2 Miskoncepcije u svladavanju sila

Ibrahim Halloun i David Hestenes još su 1985. godine proveli istraživanje vezano za učeničke miskoncepcije povezane s pojmovima gibanja i sila [7]. U istraživanju navode kako se učeničke miskoncepcije ne mogu izbjeći jer su temeljene na iskustvu učenika i samim time učeniku su logične i učenici se teško odriću svojih uvjerenja i postižu konceptualnu promjenu. Također, oni upozoravaju da su miskoncepcije koje učenici imaju upravo ona uvjerenja koja su znanstvenici i mislioci kroz povijest imali, a koji su bili jako važna tema.

Idućih desetljeća sve do danas slijede brojna istraživanja kojima se ustanovilo da unatoč naporima nastavnika, brojni učenici imaju ozbiljne praznine u razumijevanju važnih tema iz fizike. Zato fizičari proučavaju ovaj problem iz znanstvene perspektive provođenjem detaljnih sustavni studija o učenju i poučavanju fizike. Ta istraživanja obuhvaćaju širok spektar populacije, od male djece do profesionalnih fizičara [8]. Znajući da se zadnjih desetljeća brojne stvari mijenjaju, razvila se istraživačka interaktivna nastava, uvele su se nove nastavne metode i razvila eksperimentalna nastava fizike, možemo postaviti pitanje je li se u Hrvatskoj nešto promijenilo u odnosu na detektirane probleme 80-tih godina. Kratka anketa među učenicima s dobro osmišljenim konceptualnim pitanjima može dati naznake stanja vezanog uz današnje miskoncepcije u svladavanju sila. Anketa je provedena među učenicima prvog i drugog razreda srednje škole. Intencija ovog malog istraživanja nije konkurirati široko primjenjivim konceptualnim testovima koji se razvijaju od 80-tih godina (MDT, odnosno FCI testovi [7]) već dati samo kratki uvid u trenutne miskoncepcije učenika u razumijevanju sila.

Anketa je bila dobrovoljna i anonimna, sastojala se od 10 pitanja vezanih za koncept sile. Anketu je ispunilo 129 učenika prvih i drugih razreda srednje škole,



gimnazijskog usmjerenja i tehničara za računalstvo. Prema predmetnom kurikulumu učenici su se već susreli s konceptom sile. Anketa je provedena online i pitanja su bila ili pitanja s ponuđenim odgovorima ili se od učenika tražilo da napišu kratak odgovor.

## Analiza ankete

Prvo pitanje koje je u anketi postavljeno učenicima je

*Tijelo miruje na podlozi. Koja od navedenih tvrdnji je istinita?*

Učenici su trebali odabrati od četiri ponuđene tvrdnje:

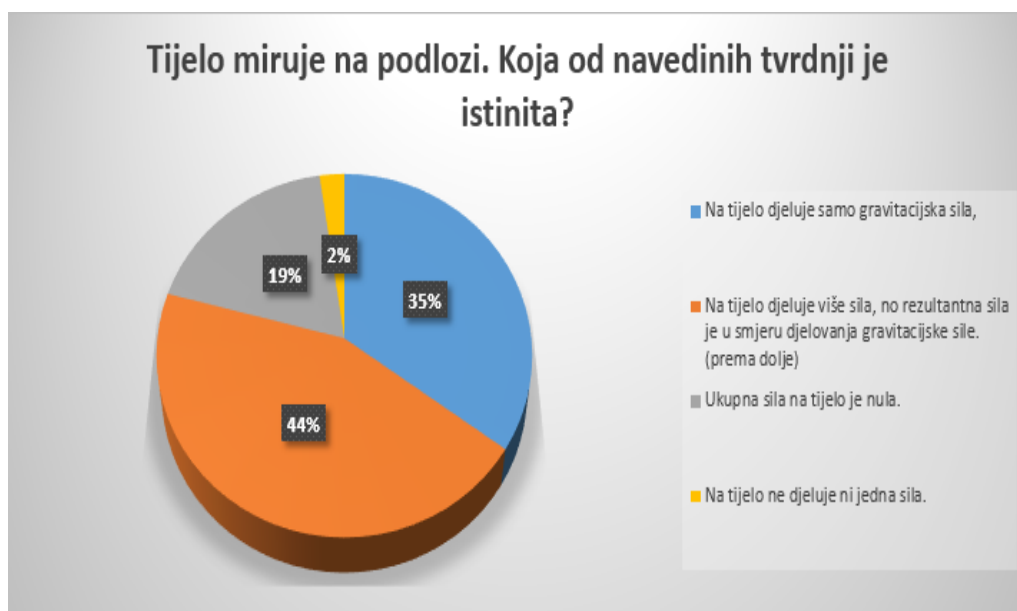
- *Na tijelo djeluje samo gravitacijska sila*
- *Na tijelo djeluje više sila, no rezultantna sila je u smjeru djelovanja gravitacijske sile. (prema dolje)*
- *Ukupna sila na tijelo je nula.*
- *Na tijelo ne djeluje niti jedna sila.*

Rezultati ankete su pokazali (Slika 2.1) da 44% učenika misli da na tijelo djeluje više sila, no da je rezultantna sila u smjeru djelovanja gravitacijske sile, dok 35% učenika smatra da na tijelo djeluje samo gravitacijska sila.

U ovom pitanju možemo uočiti učeničke miskonceptije vezane za prvi Newtonov zakon. Učenici u školi nauče sljedeći oblik prvog Newtonovog zakona:

*„Ako je rezultanta svih sila koje djeluju na tijelo jednaka nuli, tijelo zadržava svoje stanje mirovanja ili jednolikog pravocrtnog gibanja.“*

Promotrimo li pobliže značenje ovog zakona, učeničke miskonceptije možemo raščlaniti na dio vezan uz mirovanje i dio vezan uz gibanje. Naime, zakon nam kaže da ako je ukupna sila na tijelo jednaka nuli, tijelo miruje, no pogledamo li obrat on kaže da ako tijelo miruje, ukupna sila na njega mora biti jednaka nuli. Vidimo da se kod učenika



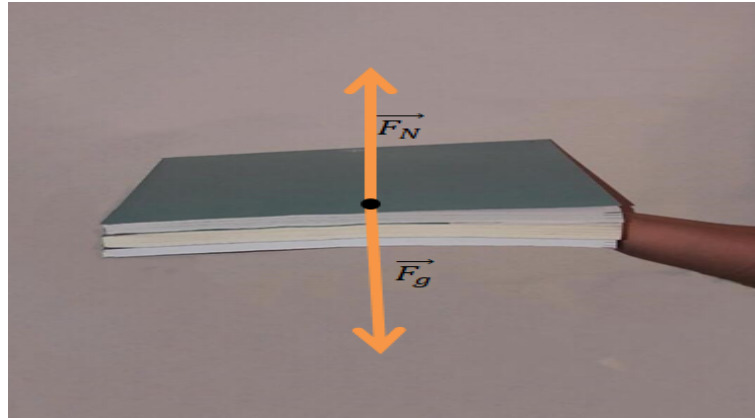
Slika 2.1: Grafički prikaz raspodjele učeničkih odgovora na prvo pitanje iz ankete.

javlja miskoncepcija da tijelo može mirovati i kad ukupna sila na njega nije jednaka nuli.

Iz rezultata ankete i odgovora na ovo pitanje jasno se vidi da su učenici kada promatraju tijelo koje miruje na podlozi svjesni djelovanja težine tijela na podlogu, no često zaboravljaju reakciju podloge, odnosno 3. Newtonov zakon. Zbog toga učenici često dolaze do zaključka kako ukupna sila na tijelo nije jednaka nuli, no tijelo svejedno miruje.

Ovu miskoncepciju vrlo je lako rastumačiti jednostavnim pokusom (Slika 2.2). Učenici nisu svjesni reakcije podloge, stoga će kao podloga poslužiti učenikova ruka. Na ispruženi učenikov dlan poslažemo nekolicinu udžbenika ili utege te od učenika zatražimo da nabroji sile koje u tom slučaju djeluju. Učenici znaju da udžbenici djeluju težinom prema tlu, no ne sjete li se samostalno da podloga (u ovom slučaju dlan) djeluje prema gore, možemo ih pitati zašto knjiga ne padne na tlo. Sada se učenici osvješćuju da kada tijelo miruje na bilo kakvoj podlozi, postoji sila koja djeluje suprotno od težine te su one jednakog iznosa. Naime, kada bi težina bila veća, ruka bi popustila i udžbenici bi pali na tlo, a kada bi reakcija podloge bila veća, udžbenici

bi „poletjeli“.



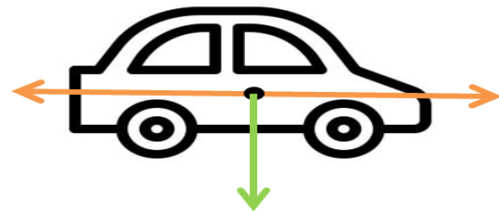
Slika 2.2: Pokus

U drugom pitanju se od učenika tražilo da promotre automobil koji se giba jednoliko pravocrtno i zatim odluče na kojoj slici (Slika 2.3) je prikazan ispravan dijagram sila koje djeluju na automobil.

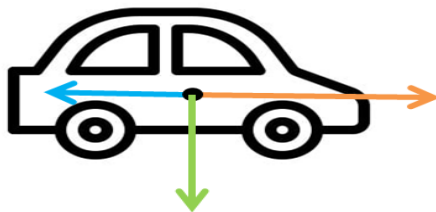
Slika 1



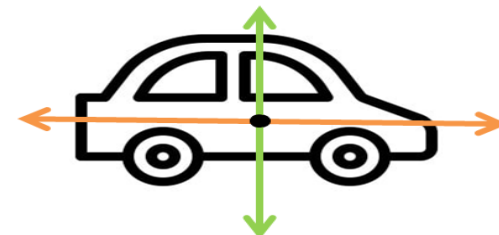
Slika 2



Slika 3



Slika 4



Slika 2.3: Dijagram sila na automobil

49% učenika je zaključilo da je ispravan dijagram sila prikazan Slikom 4 (Slika 2.4) dok je otprilike podjednak broj učenika zaključilo da su ispravna preostala tri dijagrama. Iako je skoro 50% učenika dobro zaključilo zabrinjava podatak da je i 50% učenika pogrešno zaključilo, odnosno da se kod 50% učenika pojavila miskoncepcija u zaključivanju.



Slika 2.4: Grafički prikaz raspodjele učeničkih odgovora na drugo pitanje iz ankete.

Kod učenika koji su kao točno rješenje odabrali Sliku 1 i Sliku 3 javlja se problem koji se tiče obrata prvog Newtonovog zakona koji se odnosi na jednoliko pravocrtno gibanje, a koji govori kako se tijelo giba jednoliko pravocrtno, ako je rezultantna sila na njega jednaka nuli. Kod učenika se sada javlja sljedeća miskoncepcija da je gibanje stalnom brzinom traži održavanje stalnom silom.

Razumljivo je zašto učenici dolaze do ovakvog zaključka. Učenici se oslanjaju na svoje iskustvo i nisu se našli u situaciji u kojoj bi bili idealni uvjet. Naime, promotre li npr. vožnju biciklom, intuicija im nalaže da ukoliko prestanu gaziti (održavati stalnu silu), bicikl će usporiti (brzina neće biti stalna). Ono što ovdje učenici zaboravljaju je djelovanje sile trenja. Kako bi se uklonila ova miskoncepcija s učenicima se može provesti Galileov misaoni pokus. Učenici koji su odabrali Sliku

2 pokazuju iste konceptualne poteškoće kao u prvom pitanju.

U trećem pitanju od učenika se tražio kratak odgovor. Pitanje je glasilo

*Loptu bacamo vertikalno u zrak. Odredi silu/sile koje djeluju na loptu dvije sekunde nakon što smo je bacili u zrak.*

Većina učenika na ovo pitanje je točno odgovorila, odnosno navela kako se radio o gravitacijskoj sili, odnosno sili teži. Međutim, među odgovorima se našla i nekolicina učenika koje je navela kako se u lopti nalazi sila mišića kojom smo je bacili te kako ona slabi jer djeluje i gravitacijska sila.

Ovdje pojavu miskoncepcije možemo povezati s drugim Newtonovim zakonom. Kod drugog Newtonovog zakona učenicima je bitno naglasiti kako sila nije povezana s brzinom tijela, već sa promjenom brzine. Naime, smjerom i orijentacijom rezultantne sile određen je smjer i orijentacija akceleracije tijela. Stoga se tijelo ne mora gibati u smjeru rezultantne sile. Upravo to učenicima stvara najveće miskoncepcije. I u ovim odgovorima je vidljivo kako učenici tvrde da je u tijelo utisnuta sila kojom je bilo izbačeno te se zbog toga ono nastavlja gibati u smjeru izbacivanja. Kako bi rastumačili ovu miskoncepciju, bitno je da s učenicima razjasnimo djelovanje sile na daljinu. Naime, promatramo li vertikalni hitac, odnosno bacanje npr. lopte, djelovali smo na loptu silom svojih mišića. Sila mišića je sila koja djeluje na dodir, stoga je djelovanje sile prestalo u trenutku kada smo pustili loptu. Jedina sila koja sada djeluje na loptu je sila teža, koja privlači loptu prema tlu, no lopta se neko vrijeme nastavlja gibati prema gore. Učenici trebaju zaključiti da su smjer brzine i djelovanja sile suprotni.

U četvrtom pitanju učenici su trebali odabrati točnu tvrdnju.

*U sudaru sudjeluju teretni kamion i osobni automobil. Koja od sljedećih tvrdnji je istinita?*

- *Kamion djeluje većom silom na automobil.*
- *Automobil djeluje većom silom na kamion*
- *Kamion i automobil djeluju istom silom jedan na drugoga.*

Većina učenika je odgovorila kako kamion djeluje većom silom na automobil (Slika 2.5), dok je samo 12% učenika odgovorilo kako kamion i automobil djeluju silom jednakog iznosa jedan na drugoga.



Slika 2.5: Grafički prikaz raspodjele učeničkih odgovora na četvrto pitanje iz ankete.

Ovdje se očite učeničke miskoncepcije vezane za treći Newtonov zakon. Učenici su u školi naučili da

*Kada tijelo A djeluje na tijelo B silom, tada i tijelo B djeluje na tijelo A silom jednakog iznosa, ali suprotnog smjera.*

Matematički zapisano:

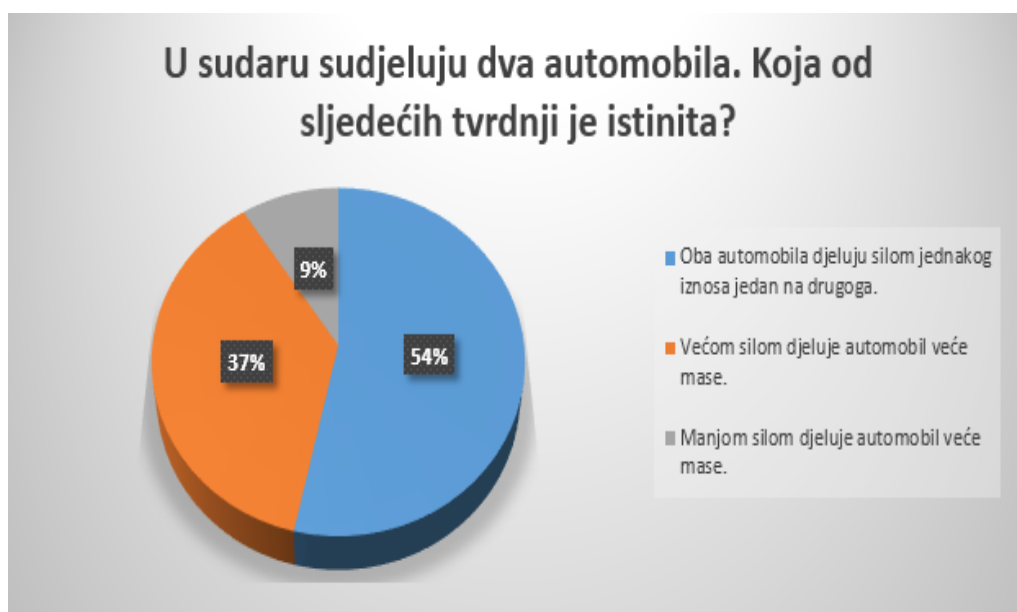
$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$$

Kako je navedeno u samom zakonu, sile uvijek dolaze u paru i uključuju dva tijela. Uz treći Newtonov zakon možemo povezati dvije miskoncepcije. Prva se svodi na činjenicu da učenici nisu svjesni kako sila i protusila djeluju na dva različita tijela, stoga se kao takve ne mogu poništiti. Druga bitna miskoncepcija koja se javlja kod savladavanja trećeg Newtonovog zakona je da svaka sila nema nužno svoju protusilu, a ako je i ima, one ne moraju biti jednakog iznosa. Jača je ona sila koja izaziva veći

učinak. Kod ovog pitanja upravo je do izražaja došla druga miskoncepcija jer su se učenici pozvali na princip dominacije, tj. veće tijelo djeluje većom silom. U ovom slučaju kamion je veći stoga on djeluje većom silom na manji automobil. Može se zaključiti da učenici uspoređuju sile na temelju njihovog učinka, ne uzimajući u obzir mase tijela na koja djeluju. Ova se miskoncepcija najčešće ispravi pri obradi sudara, kada se u razmatranje uključi masa tijela te se onda promatra učinak.

Peto pitanje je povezano s četvrtim pitanjem. U sudaru više ne sudjeluju kamion i automobil nego dva automobila. Učenici su trebali odabrati koja je od sljedećih tvrdnji istinita

- *Oba automobila djeluju silom jednakog iznosa jedan na drugoga.*
- *Većom silom djeluje automobil veće mase.*
- *Manjom silom djeluje automobil veće mase.*



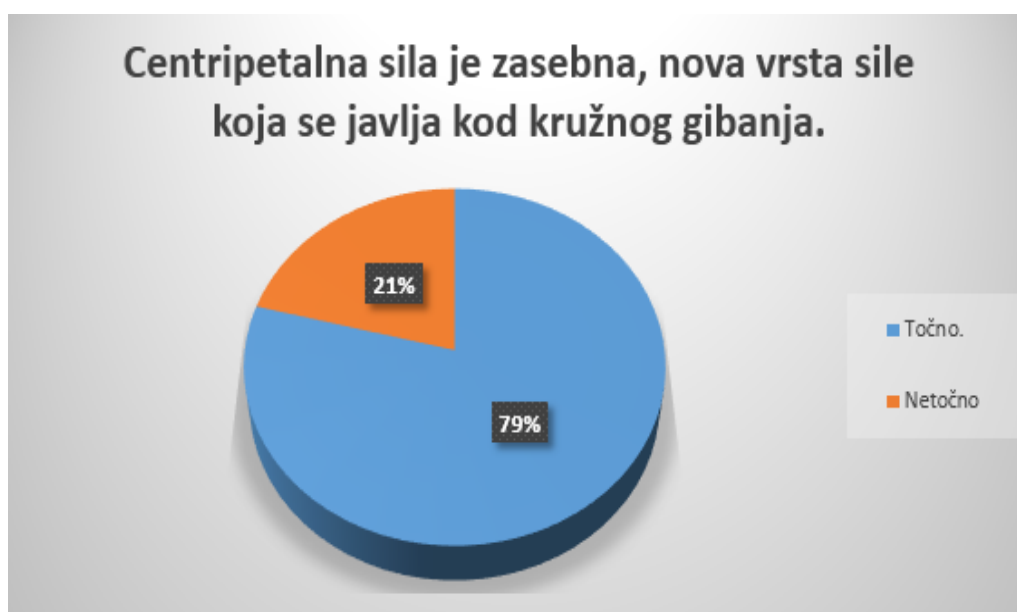
Slika 2.6: Grafički prikaz raspodjele učeničkih odgovora na peto pitanje iz ankete.

Iako je učenicima u simetričnim situacijama jasan jednak iznos sila iz trećeg Newtonovog zakona, ponovo intuitivno zaključuju kako će auto veće mase prouzročiti veću štetu te zaključuju da djeluje većom silom (Slika 2.6).

U šestom zadatku učenici su trebali odlučiti je li sljedeća tvrdnja točna ili netočna.

*Centripetalna sila je zasebna, nova vrsta sile koja se javlja kod kružnog gibanja.*

Više od 80% učenika je odgovorilo da je tvrdnja točna (Slika 2.7).

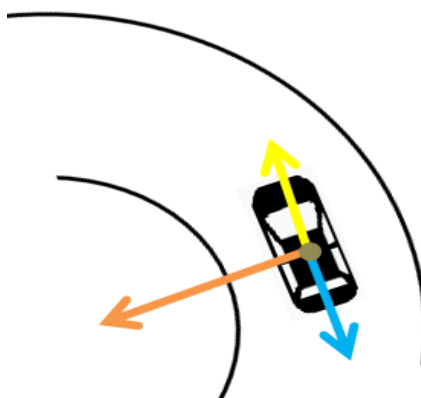


Slika 2.7: Grafički prikaz raspodjele učeničkih odgovora na šesto pitanje iz ankete.

Kod razmatranja kružnog gibanja, bitno je razumijeti koncept centripetalne sile. Iz rezultata je vidljivo da učenici centripetalnu silu shvaćaju kao zasebnu, novu vrstu sile. Stoga je vrlo bitno naglasiti da ona označava način na koji djeluje neka stvarna sila, a ne vrstu sile te da neka sila može imati ulogu centripetalne pod uvjetom da djeluje okomito na brzinu i da je usmjerena prema središtu kruženja. Nadalje, ako tijelo kruži jednoliko, rezultanta svih sila na tijelo ima ulogu centripetalne sile. Različite sile koju mogu imati ulogu centripetalne sile mogu se jednostavno prikazati na primjerima. Pogledamo li automobil koji vozi po zavoju, ulogu centripetalne sile ima trenje, no ukoliko promatramo uteg kojeg horizontalno vrtimo na niti, „ulogu preuzima“ napetost niti.

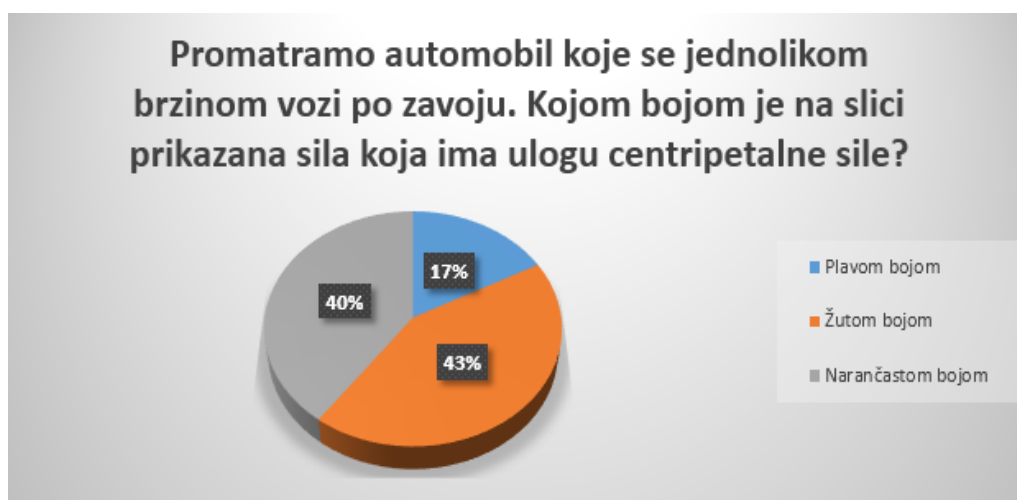


U sedmom pitanju učenici su trebali promotriti automobil koji se jednolikom brzinom vozi po zavoju (Slika 2.8) te odgovoriti kojom bojom je na slici prikazana sila koja ima ulogu centripetalne sile.



Slika 2.8: Auto u zavoju i prikaz sila.

43% učenika je odgovorilo da se ulogu centripetalne sile ima sila označena žutom bojom, no i 40% učenika je odgovorilo da se tu radi o sili koja je označena narančastom bojom (u smjeru središta). Ovdje učenici nisu razvili koncept o usmjerenosti centripetalne sile prema središtu kruženja, nego si pozornost usmjerili na smjer gibanja automobila i brzinu.

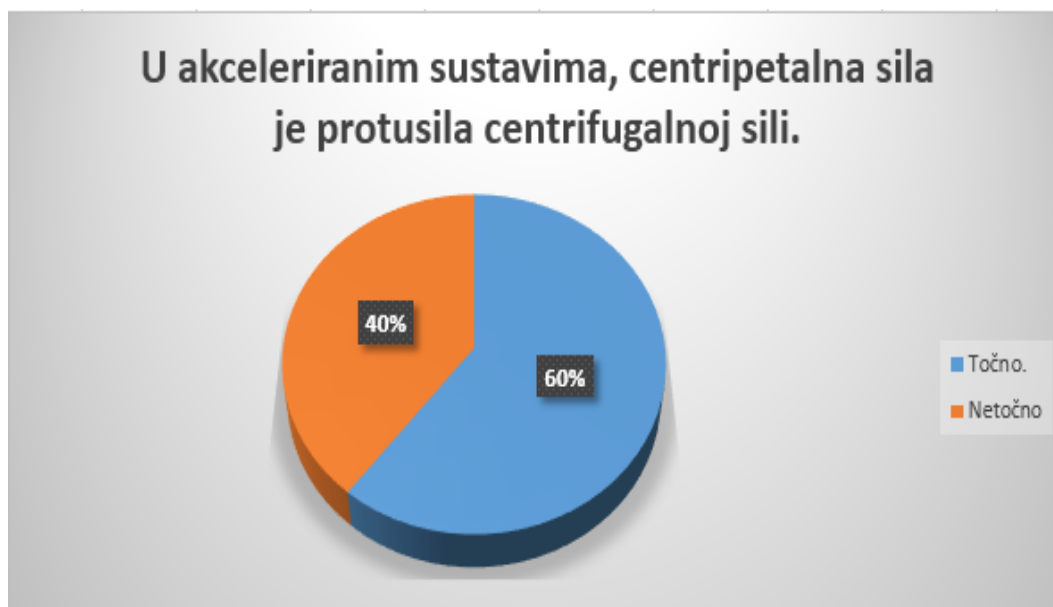


Slika 2.9: Grafički prikaz raspodjele učeničkih odgovora na sedmo pitanje iz ankete.

Osmo pitanje usko je povezano sa sedmim pitanjem te se od učenika tražilo da imenuju silu koja ima ulogu centripetalne sile. Prilikom imenovanja sile kod učenika se pojavio pogrešan koncept. Naime, samo je nekolicina učenika prepoznala označenu silu kao silu trenja, dok je najčešći odgovor na ovo pitanje bila „sila gibanja“ ili sila motora. Učenici smatraju kako je za kretanje automobila odgovorima samo sila koju proizvodi motor automobila te u potpunosti zanemaruju djelovanje ostalih sila. Isto tako, ne prepoznaju razliku između gibanja automobila po ravnoj i zakrivljenoj podlozi.

U devetom pitanju od učenika se tražilo da zaključe je li sljedeća tvrdnja istinita

*U akceleriranim sustavima, centripetalna sila je protusila centrifugalnoj sili.*



Slika 2.10: Grafički prikaz raspodjele učeničkih odgovora na deveto pitanje iz ankete.

Više od polovine učenika je zaključilo da je ova tvrdnja istinita (Slika 2.10). Ova miskoncepcija se pojavila zato što u akceleriranim sustavima ne vrijedi princip inercije, pa stoga ni Newtonovi zakoni. Uvođenjem prividne sile, koja ovisi o akceleraciji sustava, možemo „spasiti“ prvi i drugi zakon, no obzirom da prividna sila nema svoju protusilu, ne vrijedi treći Newtonov zakon. Centrifugalna sila je prividna sila koja se uvodi u kružno akceleriranim sustavima te je usmjerena od središta gibanja.

Upravo zbog smjera djelovanja, učenici često uparuju centripetalnu i centrifugalnu silu, odnosno smatraju kako je centripetalna sila protusila centrifugalnoj.

Deseto pitanje je bilo pitanje kratkog odgovora uz koje se zahtjevalo obrazloženje. Učenici su trebali odabrati što ima veću težinu, kilogram željeza ili kilogram perja i obrazložiti svoj odgovor. Ovo pitanje odnosi na miskoncepcije koje se javljaju kod učenika obzirom na krivu interpretaciju riječi u hrvatskom jeziku. Naime, u svakodnevnom govoru ljudi često krivo koriste pojam težine, ne uzimajući u obzir da zapravo govore o masi. Stoga se na često pitanje „koliko je netko težak“, odgovara s veličinom izraženom u kilogramima. Upravo tako su i učenici u većini točno odgovorili da je težina kilograma željeza jednaka kao i težina kilograma perje, no pogreške su se javile kod objašnjenja. Tako je samo desetak učenika objasnilo da je težina jednaka zbog toga što težina ovisi o masi, dok je većina učenika davala objašnjenja da obujam nije jednak, ali da svejedno jednaka težina bez da su spomenuli masu. Obzirom da se ovo pitanje može smatrati i „trik pitanje“, manja skupina učenika se prevarila te je intuitivno zaključila da veću težinu ima kilogram željeza.

## Poglavlje 3

### Zaključak

Koncept sile učenicima je poznat i prije nego što se s njime susretnu na nastavi fizike, pa je za očekivati da učenici imaju intuitivna objašnjenja za pojave s kojima se svakodnevno susreću. Upravo zbog toga kod učenika nastaju miskonceptije koje je vrlo teško nadići te se često događa da neke od miskonceptija ostanu prisutne i nakon završenog školovanja.

Suvremena nastava fizike, za razliku od standardne predavačke nastave u kojoj su učenici pasivni sudionici, temelji se na aktivnom sudjelovanju učenika. Uloga nastavnika je različitim interaktivnim metodama potaknuti učenike na razmišljanje i samostalan rad, jer tako može dobiti povratnu informaciju o učenikovu razmišljanju i shvaćanju koncepata. Tako bi učenik trebao biti u centru zbivanja, a ne nastavnika.

Uloga ovog rada je istaknuti miskonceptije vezane uz savladavanje sila te osvijestiti nastavnike kako unatoč promjenama koje se uvedene u nastavu unazad dvadesetak godina i dalje treba poraditi na ispravljanju miskonceptija. Isto tako, obzirom na promjene u izvedbi nastave fizike koje su donesene u zadnje dvije godine projektom Škola za život, polako se rješavaju problemi vezani uz nedostatak opreme te će sve veći broj nastavnika moći u potpunosti provoditi istraživački usmjerenu nastavu fizike.

# Bibliografija

- [1] T. Andreis, M. Plavčić, N. Simić *Fizika 1*, Profil, Zagreb, 2006.
- [2] R. Krsnik, *Suvremene ideje u metodici nastave fizike*, Školska knjiga, Zagreb, 2008.
- [3] B. Milić, R. Jurdana Šepić *101 pokus iz fizike-Mehanika i valovi*, Školska knjiga, Zagreb, 2011.
- [4] M. Planinić, *Komparativno istraživanje učeničkog razumijevanja nekih temeljnih koncepata u mehanici i elektromagnetizmu*, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, 2005.
- [5] S. Prelovšek-Peroš, B. Mikuličić, B. Milić *Otkrivamo fiziku 7*, Školska knjiga, Zagreb, 2005.
- [6] G. Šindler, B. Mikuličić *Fizika 7*, Školska knjiga, Zagreb, 2005.
- [7] I. Halloun, D. Hestens, Interpreting the Force Concept Inventory. *The Physics Teacher* 33(8):502-506, 1995.
- [8] L.C. McDermott, E. F. Redish, *Physics Education Research*, *Am. J. Phys.* 67, 755 (1999.)

# Sažetak

Na samom početku rada naveden je razvoj suvremene nastave fizike. Opisana je interaktivna, istraživački usmjerena nastava fizike te osnovni sadržaji koji bi se trebali provoditi unutar nje. Isto tako, opisan je tijek sata koji kod učenika postiže najveću aktivnost te interaktivne nastavne metode kojima se postiže. Nadalje, prema Nacionalnom kurikulumu opisan je redoslijed nastavnog sadržaja vezanog za savladavanje sila.

Nakon toga, objašnjen je pojam miskoncepcije te su prikazani rezultati ankete provedene na učenicima kako bi se usporedio učenički pojam sile unatrag tridesetak godina i danas. Iz rezultata ankete vidljivo je da učenici unatoč promjenama u nastavi fizike i dalje zadržavaju intuitivna objašnjenja pojava te je potrebno još poraditi na samom izvođenju nastave fizike.

# Summary

At the very beginning of the paper, the development of modern physics teaching is mentioned. Intractive, research-oriented teaching of physics is described, as well as the basic contents that should be implemented within it. Also, the course of the lesson that achieves the greatest activity in students is described, as well as the interactive teaching methods that are achieved. Furthermore, according to the National Curriculum, the repeated teaching content related to mastering forces is described.

After that, the concept of misconception is explained and the results of a survey conducted on students are presented in order to compare the students' concept of force thirty years ago and today. The results of the survey show that despite the changes in physics teaching, students still retain intuitive explanations of the phenomena, and it is necessary to work on teaching physics.

# Životopis

Rođena sam u Zagrebu 27. svibnja 1996. godine. Pohađala sam Osnovnu školu Stjepana Basaričeka u Ivanić Gradu. Nakon završene osnovne škole, 2010. godine, upisala sam srednju školu Ivan Šver također u Ivanić Gradu. Nakon srednje škole, 2014.godine, upisala sam Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, integrirani nastavnički studij matematike i fizike.