

# Fizikalna objašnjenja svakodnevnih predmeta i pojava i njihova primjena u nastavi fizike

---

**Kautero, Branko**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2022**

*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:217:244237>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-21**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
FIZIČKI ODSJEK

Branko Kautero

FIZIKALNA OBJAŠNENJA SVAKODNEVNIH  
PREDMETA I POJAVA I NJIHOVA PRIMJENA U  
NASTAVI FIZIKE

Diplomski rad

Zagreb, 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
FIZIČKI ODSJEK

INTEGRIRANI PREDDIPLOMSKI I DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ  
FIZIKA; SMJER NASTAVNIČKI

**Branko Kautero**

Diplomski rad

**Fizikalna objašnjenja svakodnevnih  
predmeta i pojava i njihova primjena  
u nastavi fizike**

Voditelj diplomskog rada: doc. dr. sc. Maja Planinić

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

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

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

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

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

Zagreb, 2022.

Zahvaljujem se profesoricama Jadranki Sabolek i Luci Spetić te profesoru Željku Lukaču pri pomoći kod provedbe ankete, mentoricima na pomoći prilikom izrade diplomskog rada, obitelji i prijateljima na podršci prilikom studiranja.

## Sažetak

Ključne riječi: anketa, svakodnevni predmeti i pojave, slušalice, avion, klima uređaj, zvijezde, duga, grmljavina, 3D printer, električni automobil.

U sklopu diplomskog rada provedena je anketa na 365 učenika osnovne i 142 učenika srednje škole u kojoj se učenike ispitivalo o svakodnevnim predmetima i pojavama o kojima bi htjeli učiti više u nastavi fizike. Na temelju prikazanih rezultata odabrani su neki najpopularniji odgovori iz svakog pitanja te je u sljedećim poglavljima objašnjen princip rada odabranih svakodnevnih predmeta i pojava te kako bi se oni mogli uklopiti u nastavu fizike. Uočeno je da učenici imaju velik interes za nastavu fizike te da bi trebalo uključiti više primjera iz života u nastavu fizike. Klima uređaj, duga i avion teme su koje je lako uključiti u nastavu fizike dok je 3D printer dosta udaljen od nastavnih sadržaja fizike u školi.

# Physical explanations of everyday objects and phenomena and their application in physics teaching

## Abstract

Keywords: questionnaire, everyday objects and phenomena, headphones, airplane, air conditioning, stars, rainbow, thunder, 3D printer, electric car.

As part of the diploma thesis, a questionnaire was conducted on 365 primary school students and 142 secondary school students, in which students were asked about everyday subjects and phenomena that they would like to learn more about in physics teaching. Based on the presented results, some of the most popular answers from each question were selected, and the following chapters explain the principles of work of selected everyday objects and phenomena and how they could fit into the teaching of physics. It was noticed that students have a great interest in physics and more examples from life should be included in physics teaching. Topics such as air conditioning, airplanes and rainbows can easily be included in physics classes, while 3D printers are quite distant from the teaching content of physics in school.

# Sadržaj

<b>1</b>	<b>Uvod</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Metodologija</b>	<b>2</b>
2.1	Općeniti podaci . . . . .	2
2.2	Svakodnevni predmeti . . . . .	3
2.3	Svakodnevne pojave . . . . .	3
2.4	Provedba ankete . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Rezultati ankete</b>	<b>4</b>
3.1	Općeniti podaci . . . . .	4
3.2	Svakodnevni predmeti . . . . .	7
3.3	Svakodnevne pojave . . . . .	19
<b>4</b>	<b>Najpopularnije odabrane teme</b>	<b>23</b>
4.1	Fizika svakodnevnih predmeta - odabrane teme . . . . .	24
4.1.1	Slušalice . . . . .	24
4.1.2	Slušalice u nastavi fizike . . . . .	28
4.1.3	Klima uređaj . . . . .	30
4.1.4	Klima uređaj u nastavi fizike . . . . .	33
4.1.5	Avion . . . . .	35
4.1.6	Avion u nastavi fizike . . . . .	43
4.2	Fizika svakodnevnih pojava - odabrane teme . . . . .	44
4.2.1	Zvijezde . . . . .	44
4.2.2	Zvijezde u nastavi fizike . . . . .	50
4.2.3	Grmljavina . . . . .	51
4.2.4	Grmljavina u nastavi fizike . . . . .	54
4.2.5	Duga . . . . .	55
4.2.6	Duga u nastavi fizike . . . . .	58
4.3	Fizika moderne tehnologije . . . . .	60
4.3.1	3D printer . . . . .	60
4.3.2	3D printer u nastavi fizike . . . . .	64
4.3.3	Električni automobil . . . . .	66
4.3.4	Električni automobil u nastavi fizike . . . . .	69



<b>5 Zaključak</b>	<b>70</b>
<b>Literatura</b>	<b>71</b>

# 1 Uvod

Svrha samog diplomskog rada je pronaći način kako pobliže približiti fiziku djeci u osnovnim i srednjim školama. Po mom mišljenju, a upravo sam zbog toga i odabrao ovu temu za diplomski rad, najbolji način za učiniti takvo što jest zaintrigirati ih predmetima i pojavama s kojima se svakodnevno susreću, odnosno pokazati im gdje se nalazi fizika koju uče u predmetima kojima se svakodnevno koriste i u pojavama s kojima se svakodnevno susreću. Kako bismo uopće saznali o čemu oni žele znati više i što ih zanima, potrebno je izraditi anketu. U anketi ćemo dotaknuti veliki broj svakodnevnih predmeta i pojava te ćemo na taj način dati učenicima na odabir da sami izaberu o čemu bi željeli naučiti više u nastavi fizike i koji su to zapravo predmeti i pojave koje njih zanimaju. Rezultati ankete će direktno usmjeriti daljnju izradu diplomskog rada te će postaviti njezine temelje na kojima ćemo graditi glavninu diplomskog rada.

## 2 Metodologija

Anketa se primarno sastoji od tri dijela: prvi dio se dotiče nekih općenitih podataka (dob, spol, škola...), drugi dio se dotiče svakodnevnih predmeta i treći dio se dotiče svakodnevnih pojava. Važno je naglasiti kako je anketa anonimna, te se ispunjavala preko Googla obzirom da se radi o Google anketi. Isto tako valja napomenuti kako je u drugom i trećem dijelu učenicima ponuđena opcija višestrukog odgovora na pitanja te je također dodan odabir 'Ostalo' gdje su učenici sami mogli upisati svoj odgovor ako on nije bio naveden. Kako bih sakupio što više predmeta i pojava tako da su mi rezultati ankete reprezentativniji, odlučio sam nekoliko dana provesti proučavajući koje sve predmete koristim ja, moja obitelj, moji prijatelji i općenito ljudi oko mene kada sam u svom domu ili kad se krećem mjestom u kojem živim. Na isti način sam opservirao svijet oko sebe te uočavao s kojima se sve pojavama suočavam. Sve sam te stvari uredno zapisivao kako bih u konačnici sakupio što veći broj odgovora koje će učenici moći odabrati jer će mi time anketa biti vjerodostojnija, odnosno točnije će prikazivati što učenike zapravo interesira. Izuzev metode proučavanja ljudi i okoline oko sebe, koristio sam se također i internetom gdje sam istraživao koje su stvari aktualne danas, čime se bave djeca u ovo doba i slično. Nakon što sam sakupio povećani broj odgovora, odlučio sam te odgovore povezati u zasebne cjeline ovisno o tome što ih povezuje. Na taj način će mi biti lakše sastaviti i sama pitanja te će anketa sama po sebi biti smislenija.

### 2.1 *Općeniti podaci*

Svrha prikupljanja općenitih podataka jest da će nam upravo prema njima biti grafički prikazani rezultati ankete. Kategorije prema kojima će biti prikazani rezultati ankete su: spol, škola i općenito globalni prikaz rezultata nekog pitanja. Anketa je osmišljena da se provede u sedmim i osmim razredima osnovne škole i prvim, drugim i trećim razredima srednje škole. Učenike i učenice se u prvome dijelu također propituje koliki je njihov interes za nastavu fizike i smatraju li da se u školi dovoljno uči o svakodnevnim predmetima i pojavama. Iako ta pitanja nisu nužna za izradu diplomskog rada, ona su stavljena kako bi se stekao opći dojam o tome kakav stav imaju učenici prema samome predmetu.

## **2.2 Svakodnevni predmeti**

U drugome dijelu ankete učenike i učenice se ispituje o interesu za pojedine svakodnevne predmete s kojima se susreću. Navedeni dio ankete sastoji se od 6 kategorija pitanja, a ona su redom: tehnologija kojom se koristimo za potrebe učenja ili zabave (mobilni uređaj, laptop...), tehnologija kojom se koristimo u kućanstvu (hladnjak, usisivač, glačalo...), prijevozna sredstva, predmeti kojima se često koristimo, no možda nismo razmišljali o tome kako rade (kemijska olovka, budilica, ventilator...), nebeska tijela i moderna tehnologija. Predmeti koji su navedeni u kategoriji moderna tehnologija ne spadaju u predmete kojima se uistinu svakodnevno koristimo, ali to nikako ne umanjuje činjenicu da privlače pažnju, a samim time postaju zanimljivi učenicima. Nije također isključena ni činjenica da će u skorijoj budućnosti postati predmeti kojima ćemo se svakodnevno koristiti.

## **2.3 Svakodnevne pojave**

U posljednjem dijelu ankete učenicima se daje na odabir da izaberu koje ih svakodnevne pojave interesiraju. Postoje dva pitanja: u prvome pitanju su navedene neke svakodnevne pojave (magla, tuča, snijeg...), dok su u drugome pitanju navedene neobične pojave koje se spominju u filmovima i popularnoj kulturi što ih zapravo čini veoma zanimljivima i iz tog razloga se nalaze u anketi.

## **2.4 Provedba ankete**

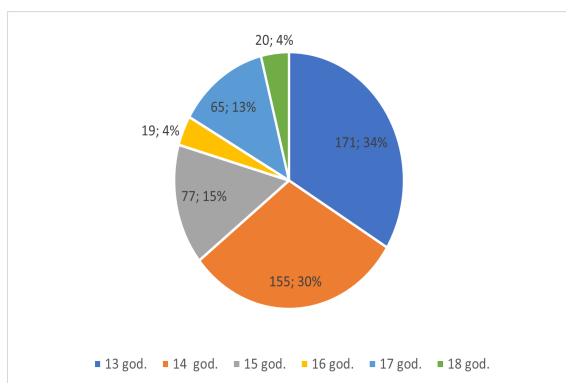
Kao što je već rečeno u potpoglavlju 2.1 zamisao je bila da se anketa provede u sedmim i osmim razredima osnovne škole te prvim, drugim i trećim razredima srednje škole. Kako bih proveo anketu kontaktirao sam profesore fizike iz škola u kojima sam odlučio provesti anketu. Iako sam anketu prvotno htio provesti u tri osnovne i dvije srednje škole, na kraju se ona provela u dvije osnovne škole i jednoj srednjoj školi. Konkretno što se tiče srednje škole radi se o nekoliko prvih i trećih razreda. Provedba ankete se pokazalo kao izrazito kompliciran posao obzirom da se trebalo ispuniti nekoliko uvjeta prije nego li se ona mogla provesti. Te sam uvjete uspio ispuniti u nekoliko škola zahvaljujući pomoći profesora i profesorica iz tih škola. Uzorak koji sam sakupio bio je i više nego dovoljan, stoga je neuspjeh provođenja ankete u svim školama u kojima sam zamislio zanemariv.

### 3 Rezultati ankete

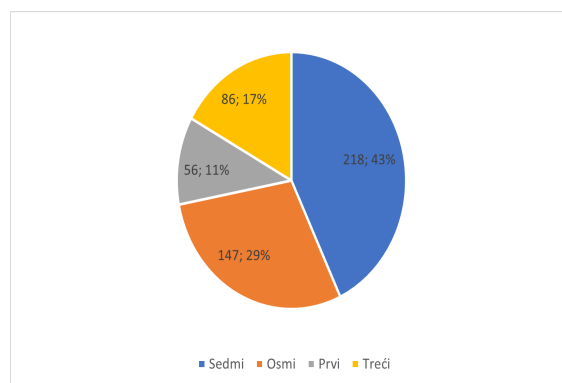
U poglavlju Metodologija navedeno je kako se anketa sastoji od tri dijela. Sukladno tome u sljedeća tri potpoglavlja bit će predstavljeni rezultati ankete te će se svaki rezultat komentirati.

#### 3.1 Općeniti podaci

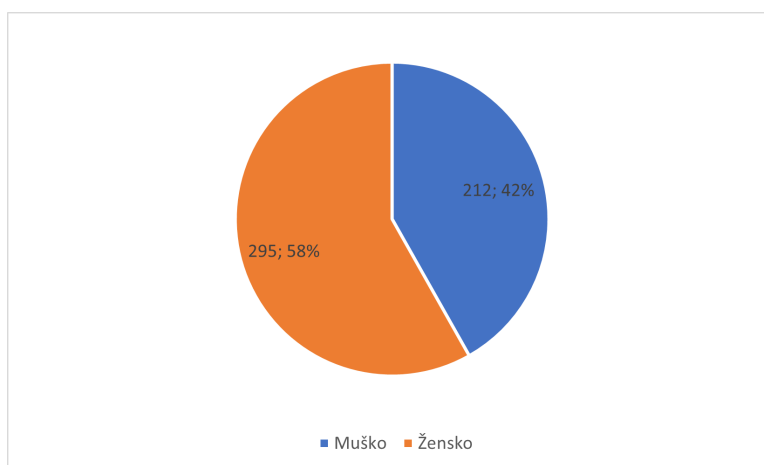
Ukupan sakupljeni uzorak je 507 učenika i učenica. Od 507 učenika, 365 je iz osnovne škole, a 142 iz srednje škole. Na Slikama 3.1, 3.2 i 3.3 možemo vidjeti raspodjelu učenika prema dobi, razredu i spolu.



Slika 3.1: Raspodjela učenika prema dobi



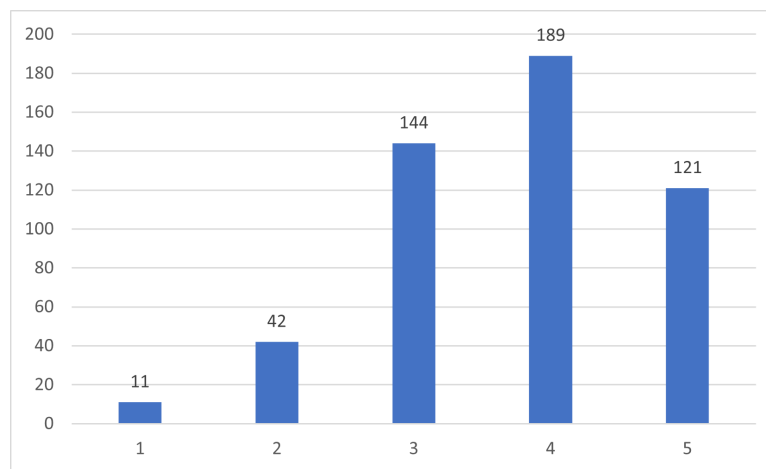
Slika 3.2: Raspodjela učenika prema razredu



Slika 3.3: Raspodjela učenika prema spolu

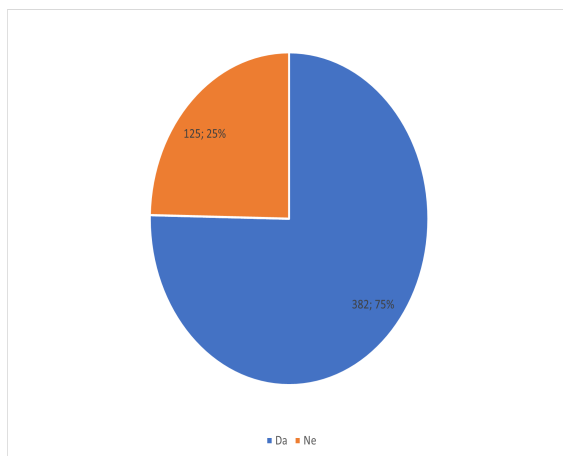
Pogledom na Sliku 3.2 vidljivo je da skoro polovinu ispitanika (43%) čine učenici/ce sedmog razreda, stoga ne čudi činjenica da su dvije trećine učenika/ca djeca od 13 i 14 godina (Slika 3.1). Omjer spola jest malo na stranu učenica (Slika 3.3).

Sljedeće što se u anketi ispitivalo jest koliki je interes učenika/ca za nastavu fizike. Taj rezultat možemo vidjeti na Slici 3.4. Skala koja se ovdje primjenjivala je sljedeća: 1 označuje jako nizak, odnosno gotovo nikakav interes za nastavu fizike, a 5 označuje veoma visok interes za nastavu fizike. Rezultat me iskreno malo začudio. Nisam očekivao da djeca imaju generalno izrazito velik interes za nastavu fizike, više od polovine učenika ima vrlo (4) do veoma visok (5) interes za nastavu fizike. Vidimo da samo 11 učenika od 507 (2%) ne pokazuje nikakav interes za nastavu fizike. Ovaj rezultat bismo dobili i kada bismo gledali zasebno za osnovnu školu i srednju školu.

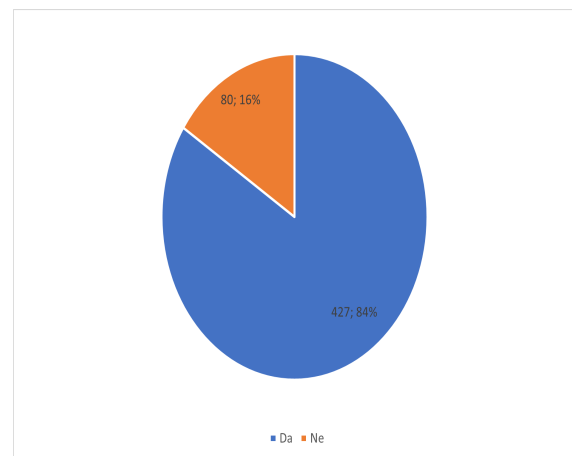


Slika 3.4: Interes za nastavu fizike

Informativno sam stavio dva pitanja u kojima sam učenike priupitao smatraju li da se trenutno u nastavi fizike dovoljno uči o svakodnevnim predmetima i pojavama i bi li voljeli da se o tim stvarima uči još više. Rezultati su vidljivi na Slikama 3.5 i 3.6.



Slika 3.5: Raspodjela odgovora na pitanje uči li se dovoljno o svakodnevnim predmetima i pojavama

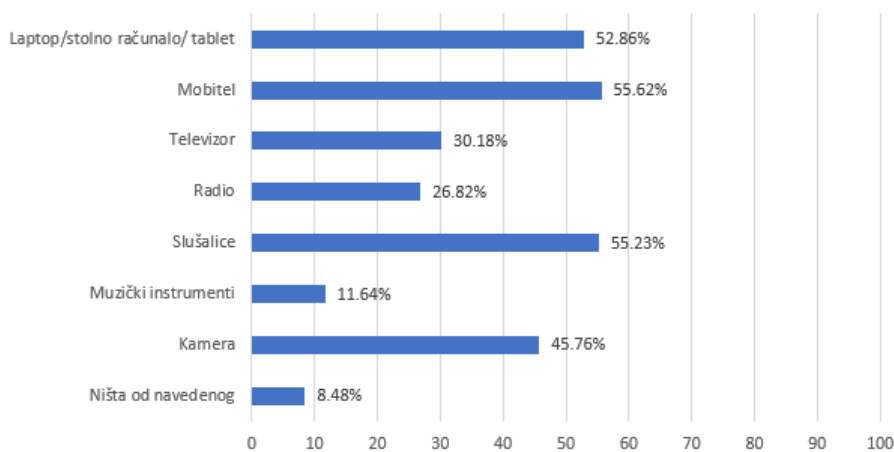


Slika 3.6: Raspodjela odgovora na pitanje bi li porastao interes kada bi se više učilo

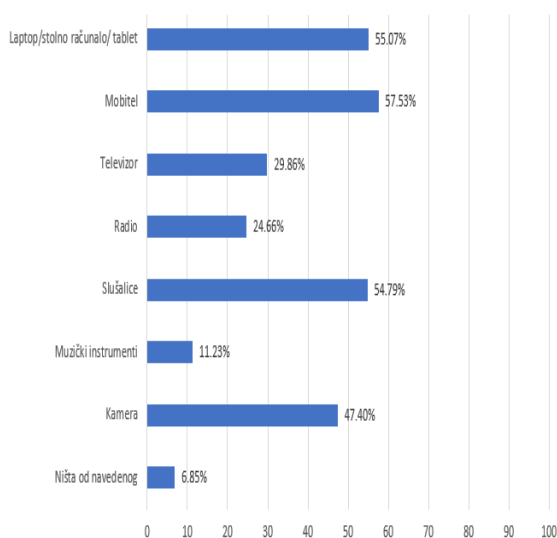
Zanimljiva je činjenica kako čak 75 % učenika/ca smatra kako se trenutno u nastavi fizike već dovoljno uči o svakodnevnim predmetima i pojavama, ali pogledom na Sliku 3.6 uviđamo kako bi učenici htjeli da se u nastavi i dalje više uči o svakodnevnim predmetima i pojavama jer bi time još više porastao njihov interes iako smo uvidjeli na Slici 3.4 kako je interes općenito velik.

### 3.2 Svakodnevni predmeti

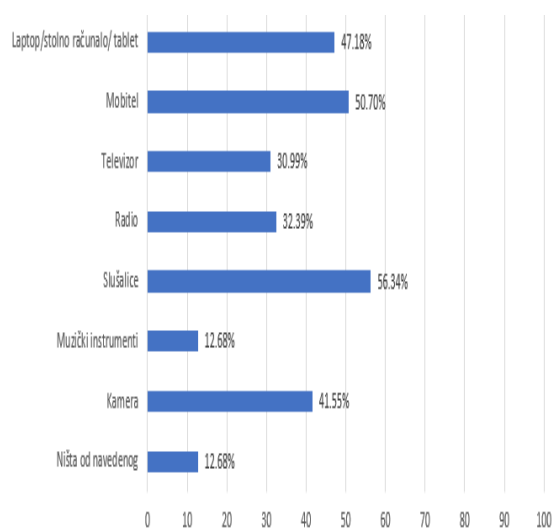
Kako bih dobio što bolji uvid u rezultate pitanja iz kategorije svakodnevnih predmeta, svako pitanje analiziralo se u više kategorija: općenito što su odabrali učenici, što su odabrali učenici osnovne, a što srednje škole, te što su odabrali učenici, a što učenice. Svi ti rezultati prikazani su grafički, te će se svaki od njih komentirati i analizirati kako bi se stekao uvid u razmišljanje učenika/ca. Prvo pitanje glasilo je: Za potrebe učenja ili čisto radi zabave koristimo razne električne uređaje. Odaberi ili navedi one uređaje koji te zanimaju, a smatraš da se u nastavi fizike ne spominju, no volio/voljela bi znati kako funkcioniraju. Rezultati su prikazani na slikama grafova ispod.



Slika 3.7: Raspodjela svih odabira

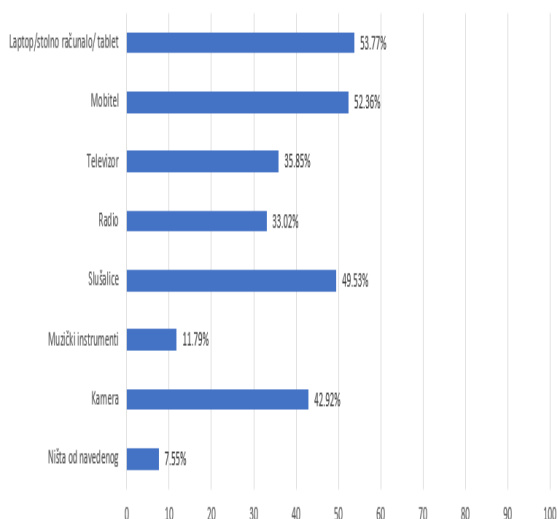


Slika 3.8: Raspodjela odabira učenika OŠ

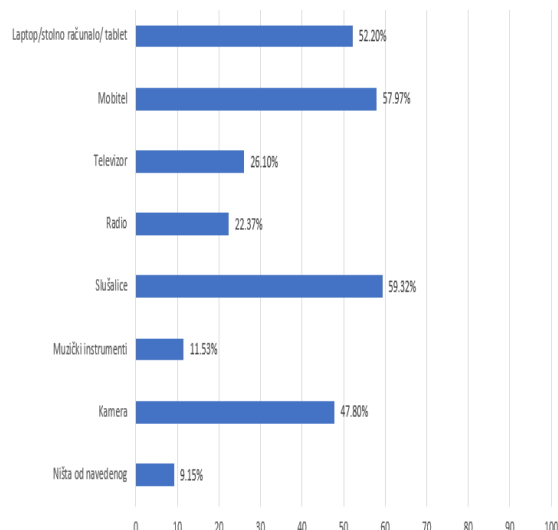


Slika 3.9: Raspodjela odabira učenika SŠ





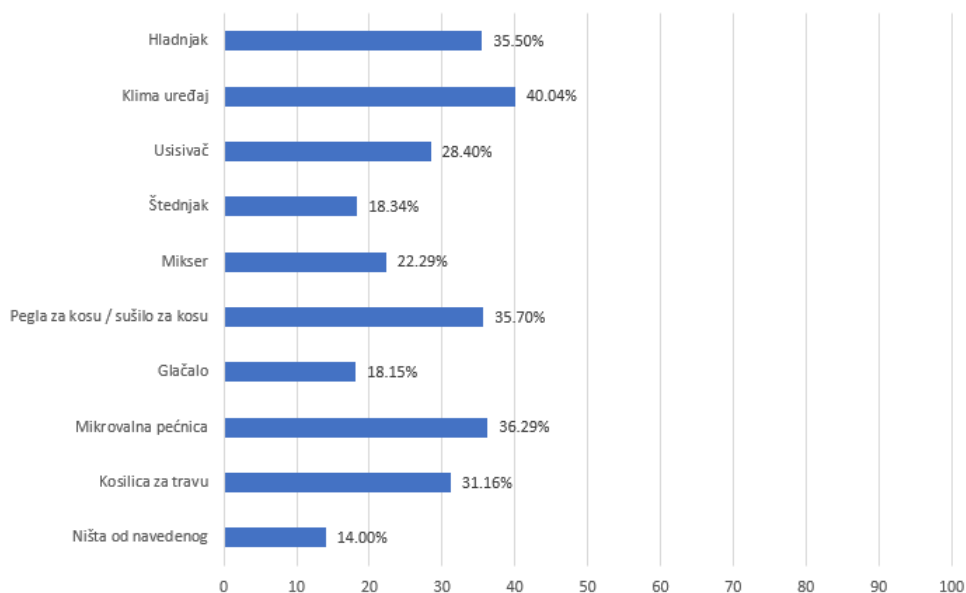
Slika 3.10: Raspodjela odabira učenika OŠ i SŠ



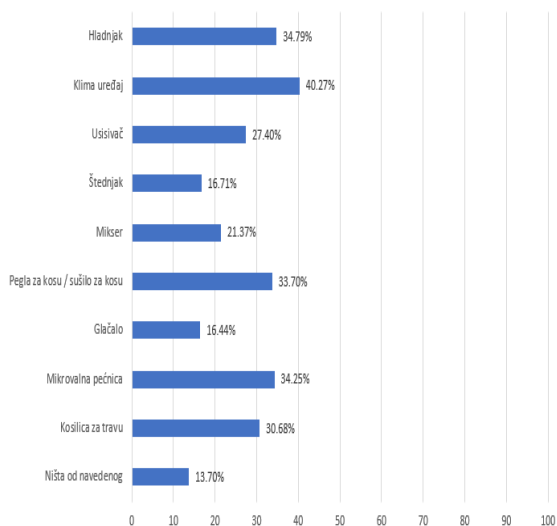
Slika 3.11: Raspodjela odabira učenica OŠ i SŠ

Pogledom na Sliku 3.7 vidimo kako je najčešći odabir bio mobilni telefon, a tik do njega slušalice i laptop, odnosno stolno računalo i tablet. Iako su se pod opcijom 'Ostalo' najčešće spominjali određeni muzički instrumenti, učenici su i dalje najmanji interes pokazali upravo za njih. Usporedivši rezultate učenika osnovne škole (Slika 3.8) i srednje škole (Slika 3.9) možemo vidjeti kako su top tri predmeta ista kao i na Slici 3.7 na kojoj je prikazana raspodjela svih odabira, a učenici su ponovno najmanji interes pokazali za muzičke instrumente. Istu stvar možemo kazati i kada usporedimo rezultate učenika i učenica osnovne i srednje škole na Slikama 3.10 i 3.11. Između tri najčešća odabira odlučio sam se odabrati slušalice te ću u nastavku diplomskog rada opisati princip rada slušalica i gdje bih u nastavi fizike primijenio to znanje.

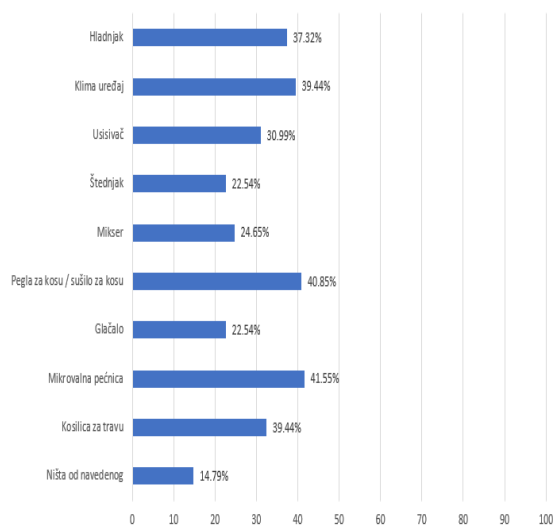
Pitanje broj dva glasilo je: Tehnologijom se naravno ne koristimo samo radi edukacije ili radi zabave, već i za neke druge potrebe (kuhanje, spremanje hrane, čišćenje...). Od navedenih predmeta, izaberi ili navedi one o kojima misliš da bi bilo zabavno učiti u školi.



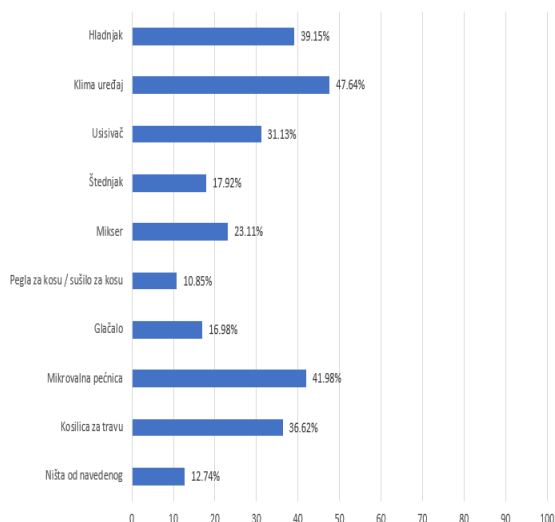
Slika 3.12: Raspodjela svih odabira



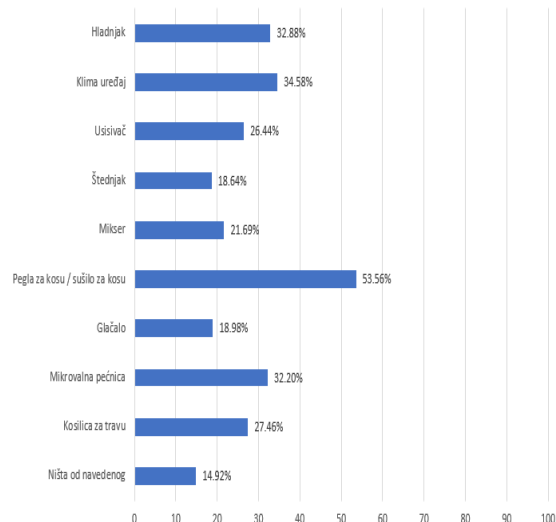
Slika 3.13: Raspodjela odabira učenika OŠ



Slika 3.14: Raspodjela odabira učenika SŠ



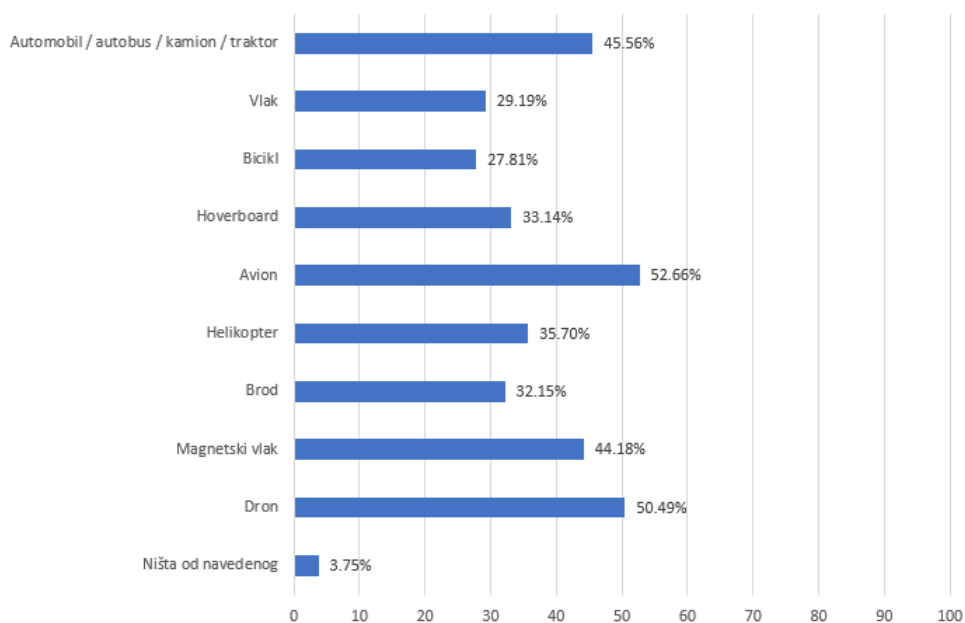
Slika 3.15: Raspodjela odabira učenika OŠ i SŠ



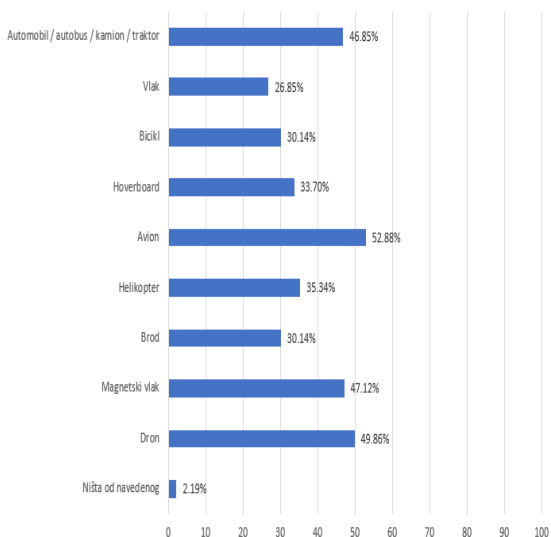
Slika 3.16: Raspodjela odabira učenica OŠ i SŠ

Na Slici 3.12 koja prikazuje raspodjelu svih odabira uviđamo kako je klima uređaj najčešći odabir, a iza njega se nalaze tri veoma bliska odabira, a to su redom mikrovalna pećnica, pegla za kosu / sušilo za kosu i hladnjak. Najmanji interes pokazan je za štednjak i za glačalo. Pod opcijom 'Ostalo' nisu se pronašli nikakvi zanimljivi odabiri pa stoga nisu ni uključeni u grafove. Primijetimo također kako se pronašlo podosta 'Ništa od navedenog' odabira što sugerira kako neki učenici/ce nisu nešto naročito zainteresirani učiti o navedenim predmetima u nastavi fizike. Ovakve rezultate nalazimo i kada usporedimo slike grafova učenika osnovne škole (Slika 3.13) i srednje škole (Slika 3.14). Zanimljivu činjenicu možemo vidjeti kada pogledamo Slike 3.15 i 3.16. Najmanje odabran odgovor kod učenika jest pegla za kosu / sušilo za kosu što je ujedno i najviše odabran odgovor kod učenica. U ovom pitanju odlučio sam se odabrati klima uređaj. U nastavku diplomskog rada opisat će se princip rada klima uređaja te će biti dan primjer gdje bi se on mogao primijeniti u nastavi fizike.

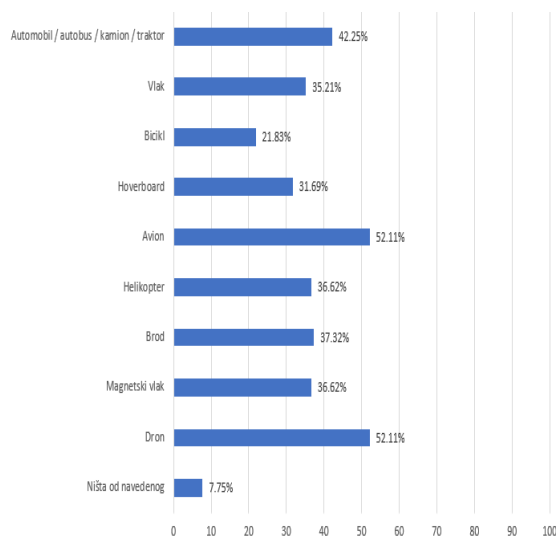
Treće pitanje iz kategorije svakodnevnih predmeta odnosi se na prijevozna sredstva i glasi: Izlaskom iz kuće susrećemo se i koristimo raznim prijevoznim sredstvima. Izaberi ili navedi ona prijevozna sredstva koja su ti zanimljiva ili kojima se koristiš i o kojima bi želio/željela naučiti više u nastavi fizike.



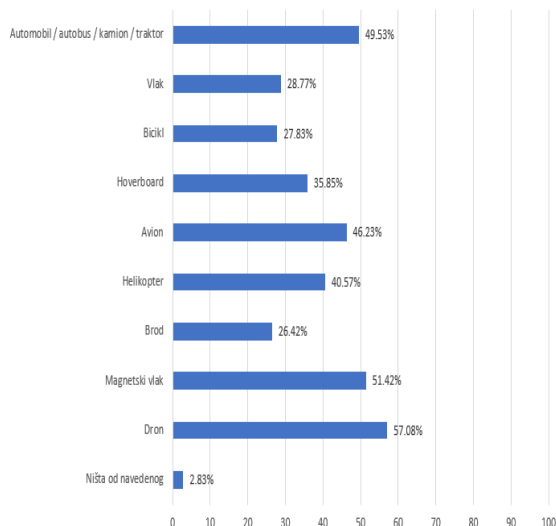
Slika 3.17: Raspodjela svih odabira



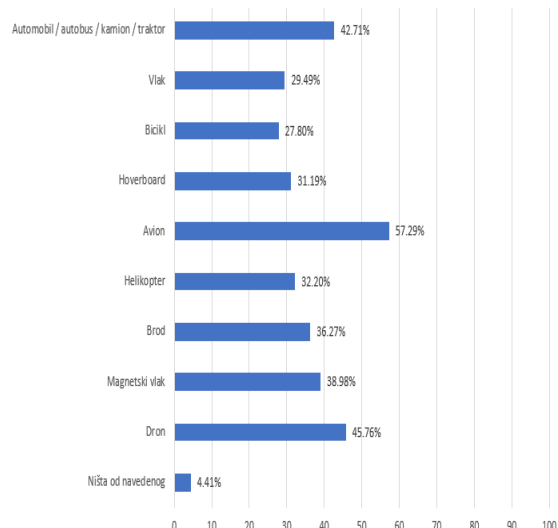
Slika 3.18: Raspodjela odabira učenika OŠ



Slika 3.19: Raspodjela odabira učenika SŠ



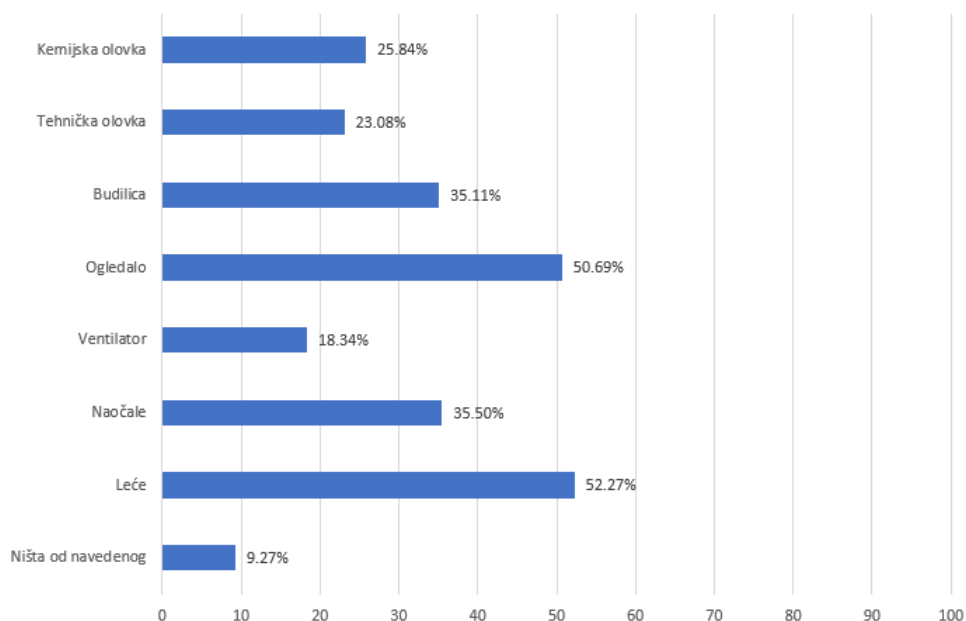
Slika 3.20: Raspodjela odabira učenika OŠ i SŠ



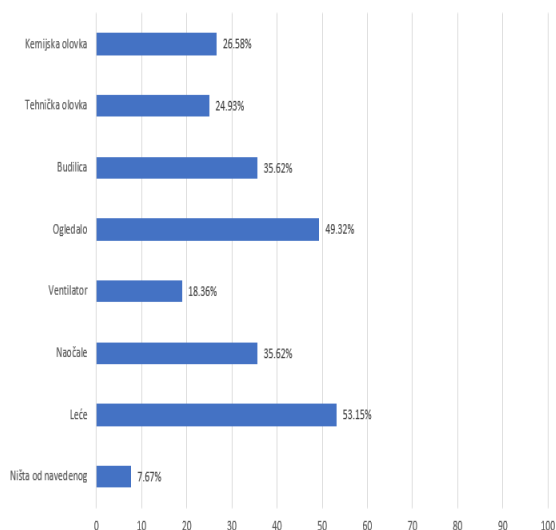
Slika 3.21: Raspodjela odabira učenica OŠ i SŠ

Iz raspodjele svih odabira (Slika 3.17) primjećujemo kako je najčešći odabir bio avion, a iza njega dron. Vrijedi primijetiti izrazito malen broj odabira 'Ništa od navedenog' te kako je većina odabira jako blizu međusobno. Iz navedenih razloga zaključujemo kako su prijevozna sredstva privlačna učenicima te kako bi voljeli učiti više o njima u nastavi fizike. Usporedbom rezultata učenika osnovne (Slika 3.18) i srednje škole (Slika 3.19) vidimo sličnosti sa raspodjelom svih odabira pa su tako dva najbiračija odabira avion i dron. Učenici (Slika 3.20) su najveći interes pokazali za dron, a učenice za avion (Slika 3.21). U nastavku diplomskog rada bit će opisan princip rada aviona te gdje bi se to moglo primijeniti u nastavi fizike.

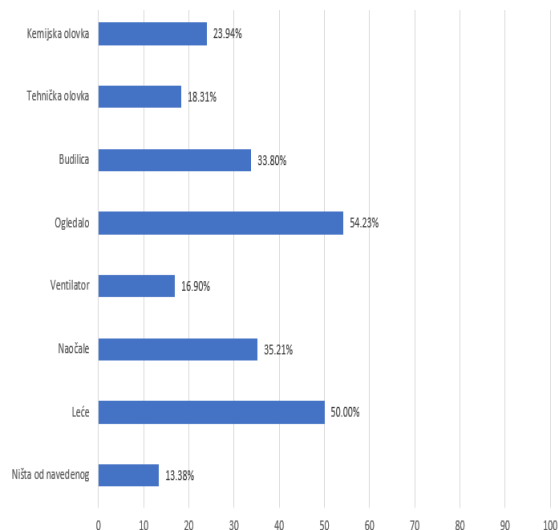
Četvrto pitanje u anketi iz kategorije svakodnevnih predmeta glasi: Postoje predmeti kojima se koristimo, a možda nam na prvi pogled nemaju interesantan princip rada ili nam jednostavno nije palo na pamet uopće razmisliti o tome kako rade. Među takvim izdvojenim predmetima, odaberi ili navedi one čiji bi te princip rada mogao zanimati. Na slikama grafova ispod vidljiv je prikaz rezultata. Daleko najbiračiji odgovori u ovom pitanju su ogledalo i leće što se proteže kroz sve grafove. Najmanje interesantan predmet je ventilator.



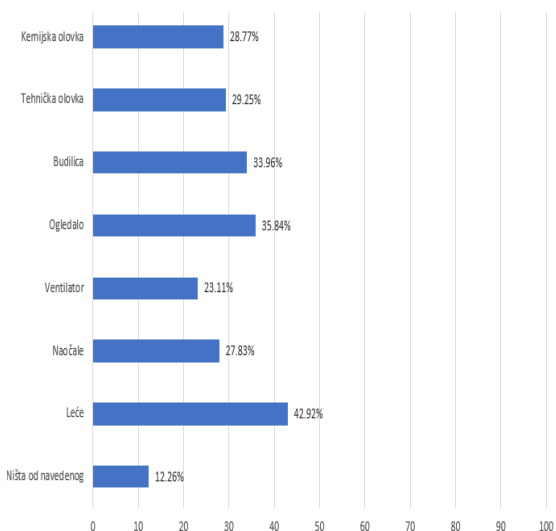
Slika 3.22: Raspodjela svih odabira



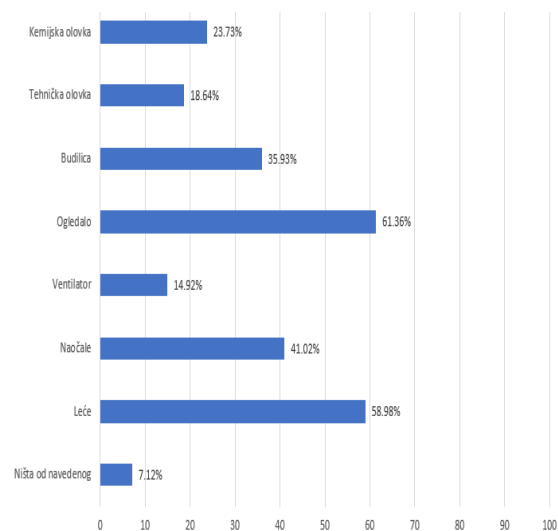
Slika 3.23: Raspodjela odabira učenika OŠ



Slika 3.24: Raspodjela odabira učenika SŠ



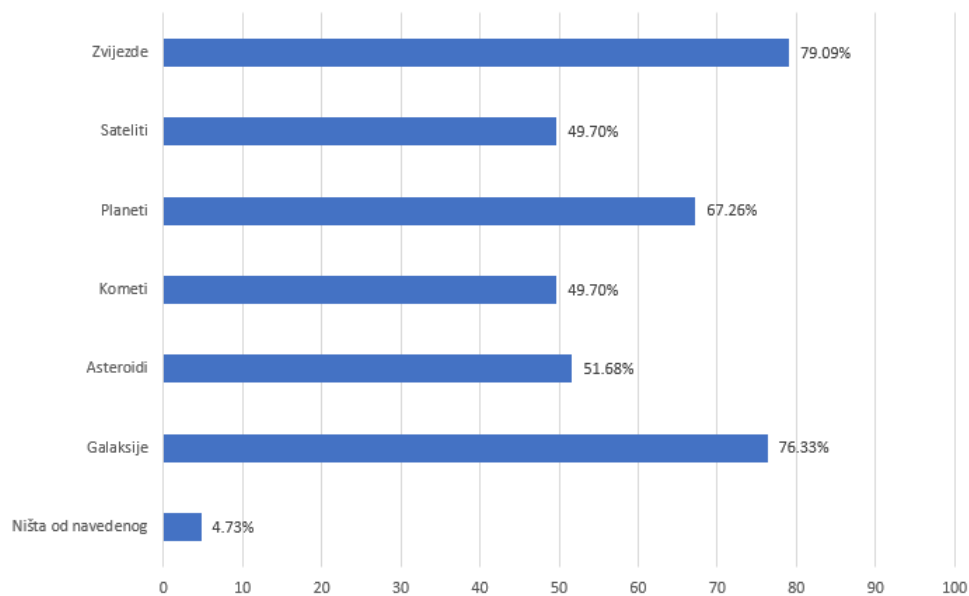
Slika 3.25: Raspodjela odabira učenika OŠ i SŠ



Slika 3.26: Raspodjela odabira učenica OŠ i SŠ

Ako usporedimo grafove odabira učenika (Slika 3.25) i učenica (Slika 3.26) možemo primijetiti kako su se učenice uglavnom opredijelile za ogledalo i leće, dok su kod dječaka odabiri dosta podjednaki iako odabir leće prevladava nad drugima. Obzirom da su ogledalo i leće dio gradiva koje je već dobro zastupljeno u kurikulumu za nastavni predmet fizike, nećemo se njima baviti u nastavku diplomskog rada, odnosno iz ovog pitanja neće se obrađivati niti jedan navedeni predmet.

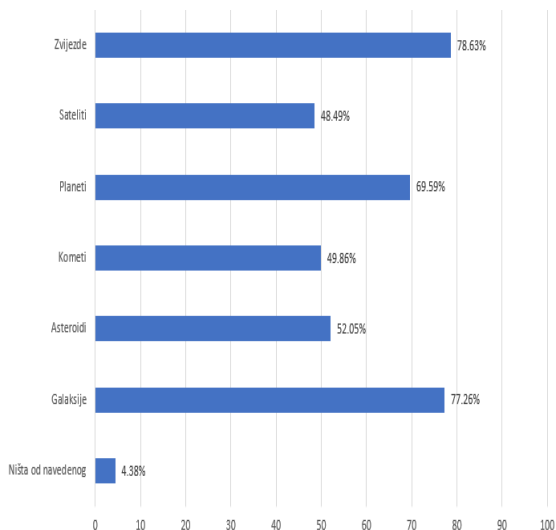
Peto pitanje ujedno je bilo i najpopularnije pitanje obzirom da se u njemu nalazi najodabiraniji odgovor ako pogledamo sva pitanja koja su se nalazila u anketi. U petom pitanju istražuje se interes za svemir, odnosno pitanje glasi: Jedna od zasigurno najfascinantijsih stvari jest nebo noću. Svi smo puno puta u životu promatrali nebo noću i pitali se što je to sve što opažamo. Trenutno se u nastavi fizike ne uči puno o astronomiji - grani fizike koja se bavi nebeskim tijelima i pojavama u svemiru. Ako bi u nastavi fizike volio/voljela čuti više o tome, odaberi ili navedi o čemu bi točno htio/htjela čuti više. Rezultate možemo vidjeti na sljedećim slikama grafova.



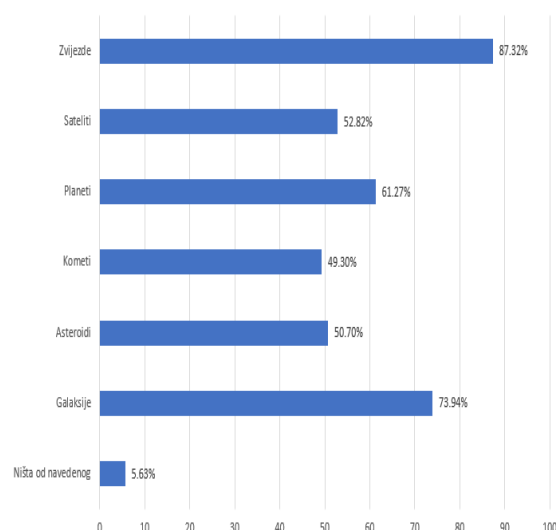
Slika 3.27: Raspodjela svih odabira

Na slici 3.27 možemo vidjeti kako je čak 401 (79.09%) učenik odabrao kako bi na nastavi fizike volio učiti više o zvijezdama.

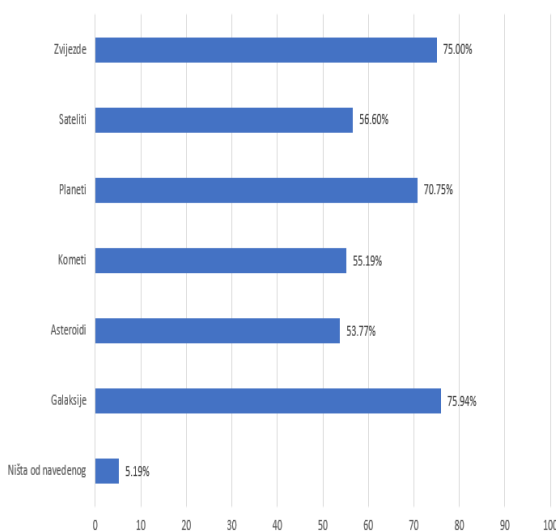




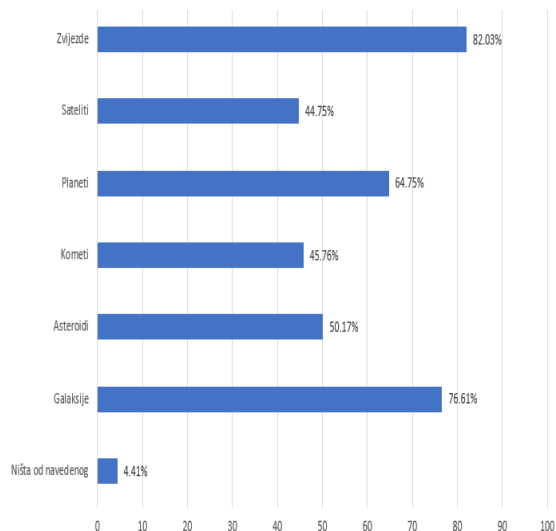
Slika 3.28: Raspodjela odabira učenika OŠ



Slika 3.29: Raspodjela odabira učenika SŠ



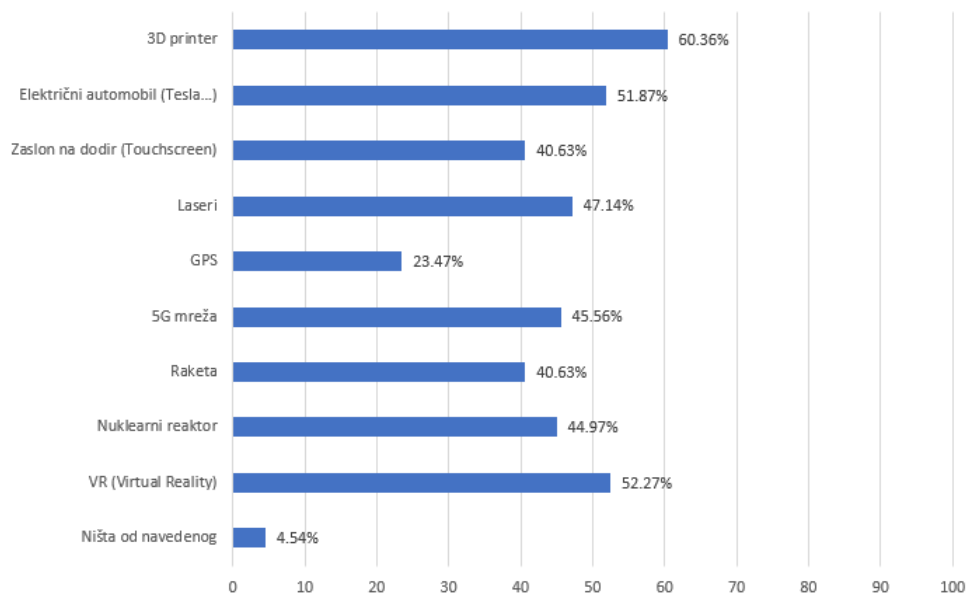
Slika 3.30: Raspodjela odabira učenika OŠ i SŠ



Slika 3.31: Raspodjela odabira učenika OŠ i SŠ

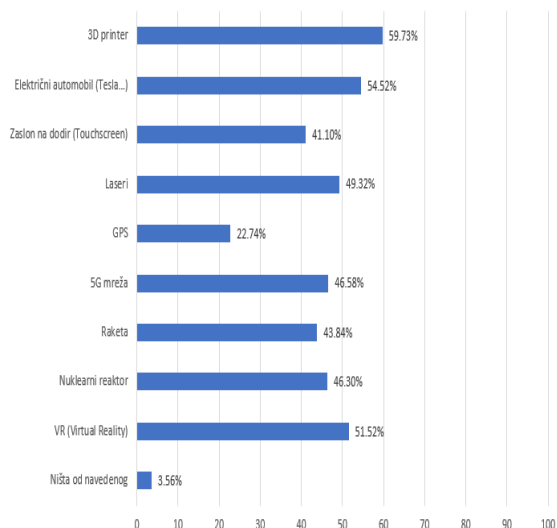
Zvijezde su najpopularniji odabir kada pogledamo raspodjelu odabira učenika osnovne (Slika 3.28) i srednje škole (Slika 3.29). Učenici (Slika 3.30) su mrvicu više zainteresirani za galaksije nego za zvijezde. Općenito gledajući (Slika 3.27) galaksije su drugi najpopularniji odabir, a na trećem mjestu slijede planeti. Najmanji interes učenici/ce pokazuju za satelite i komete, iako sa 252 (49.70%) odabira ti odgovori bivaju popularniji od nekih najpopularnijih odgovora iz drugih pitanja, čime dolazimo do zaključka kako je interes učenika za astronomiju izrazito velik. Iz ovog pitanja odabrao sam zvijezde te ćemo se njima baviti u jednom od sljedećih poglavlja.

Posljednje pitanje iz kategorije svakodnevnih predmeta bavi se nekim tzv. predmetima 'budućnosti'. Pod time mislimo na stvari koje trenutno ne možemo smatrati svakodnevnim predmetima, no to ne isključuje činjenicu kako oni neće postati takvima u skorijoj budućnosti. Pitanje glasi: Tehnologija konstantno napreduje. Stvari koje su prije 20-30 godina bile moderne, sada su već pomalo zastarjele. Isto tako stvari koje su danas moderne, za nekoliko godina postati će zastarjele. Izaberi ili navedi o kojim bi trenutnim modernim tehnologijama i tehnologijama budućnosti želio/željela saznati više.

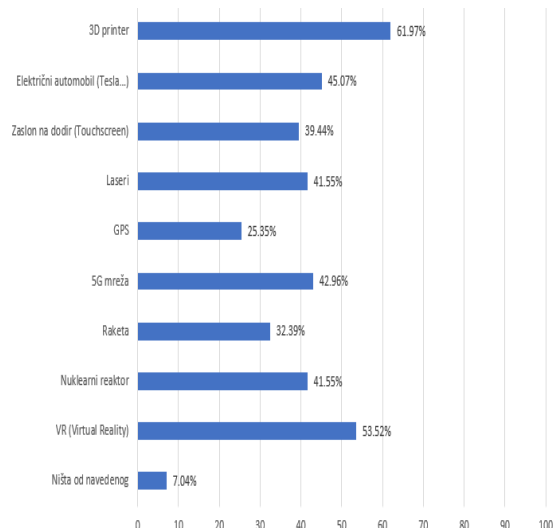


Slika 3.32: Raspodjela svih odabira

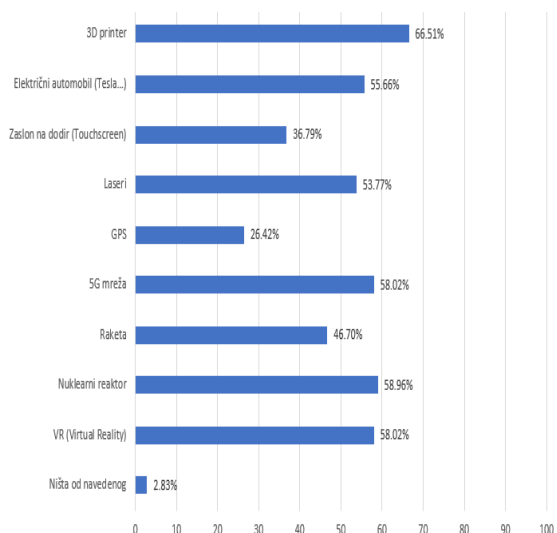
Sa Slike 3.32 vidljivo je kako su učenici i učenice najviše zainteresirani za 3D printer, a najmanje za GPS.



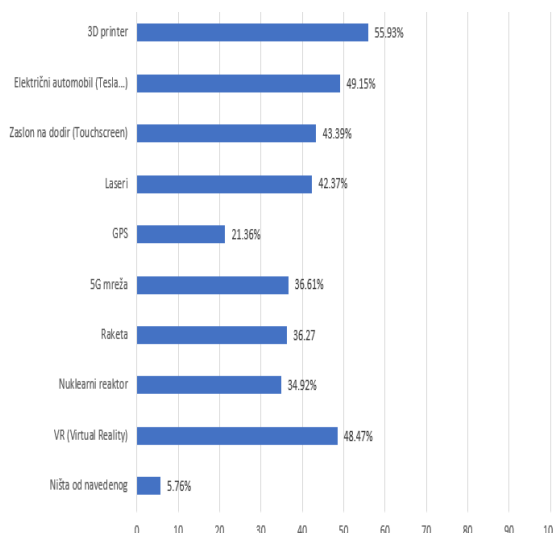
Slika 3.33: Raspodjela odabira učenika OŠ



Slika 3.34: Raspodjela odabira učenika SŠ



Slika 3.35: Raspodjela odabira učenika OŠ i SŠ

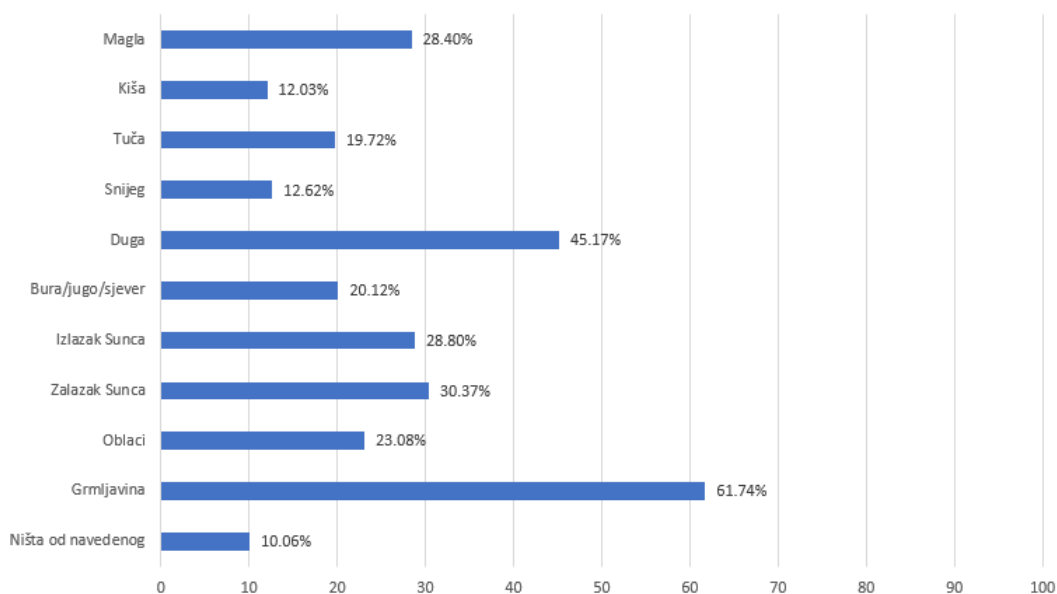


Slika 3.36: Raspodjela odabira učenika OŠ i SŠ

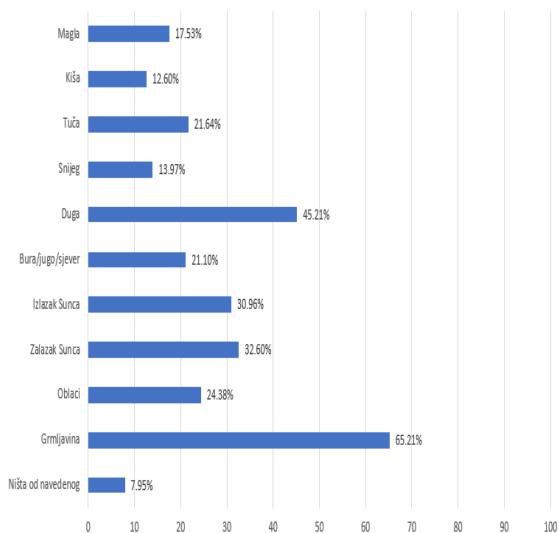
3D printer je najpopularniji odabir i na svim ostalim grafovima, iako se ta razlika najmanje uočava kada pogledamo raspodjelu odabira učenika osnovne i srednje škole na Slici 3.35. Istina je da je i ovdje 3D printer najpopularniji odabir, no usko ga slijedi nekolicina ostalih ponuđenih predmeta. U nekom od sljedećih poglavlja bavit ćemo se principom rada 3D printera i električnog automobila te ćemo pokazati kako i gdje možemo uključiti 3D printer i električni automobil u nastavu fizike kako bismo privukli pažnju učenika te samim time povećali njihov interes za sam predmet.

### 3.3 Svakodnevne pojave

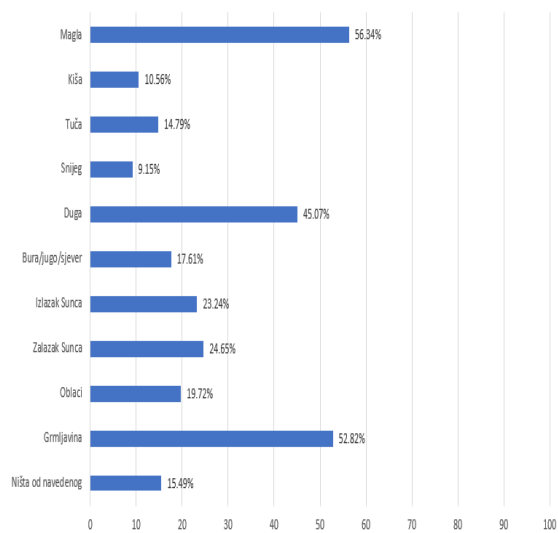
Posljednja kategorija iz ankete sastoji se od dva pitanja u kojem se istražuje interes učenika za pojave. Prvo od ta dva pitanja glasi: Od navedenih prirodnih pojava, odaberi ili navedi one o kojima nemaš dovoljno dobro znanje, odnosno odaberi one o kojima bi želio/željela naučiti više u nastavi fizike.



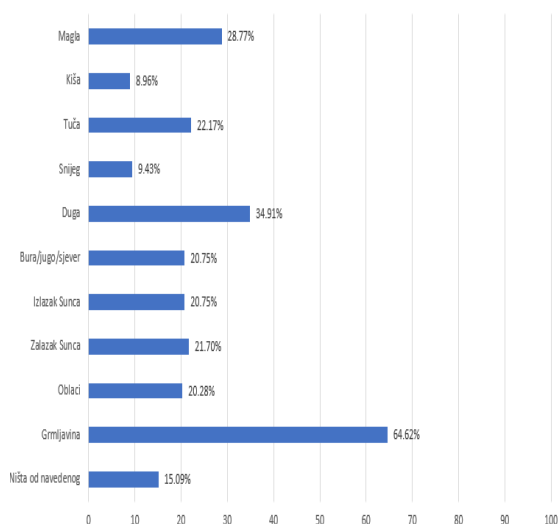
Slika 3.37: Raspodjela svih odabira



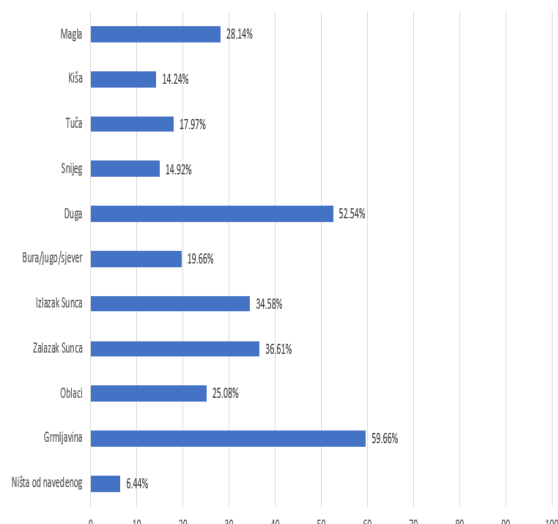
Slika 3.38: Raspodjela odabira učenika OŠ



Slika 3.39: Raspodjela odabira učenika SŠ



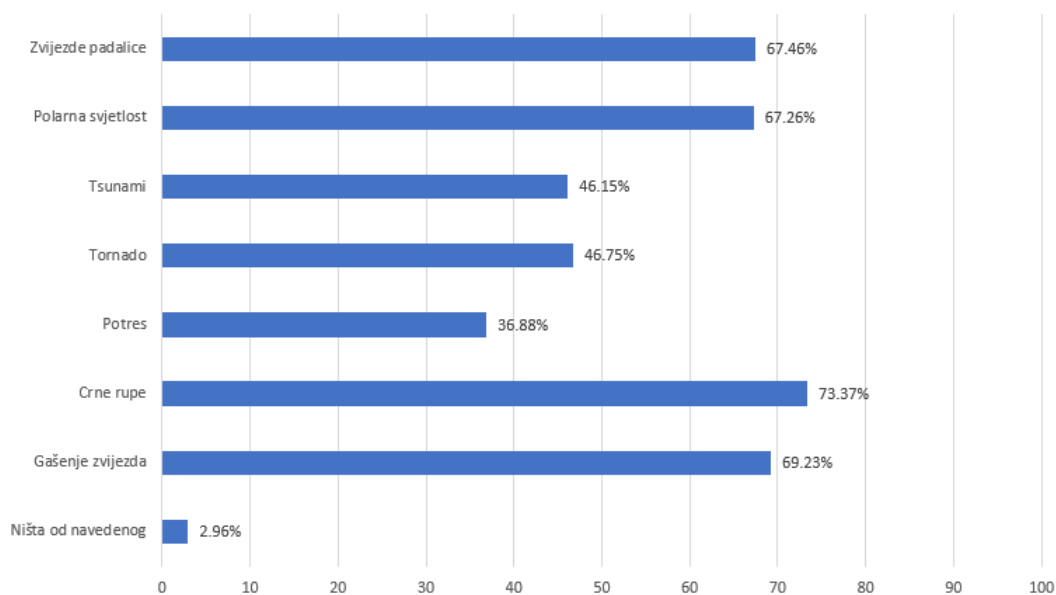
Slika 3.40: Raspodjela odabira učenika OŠ i SŠ



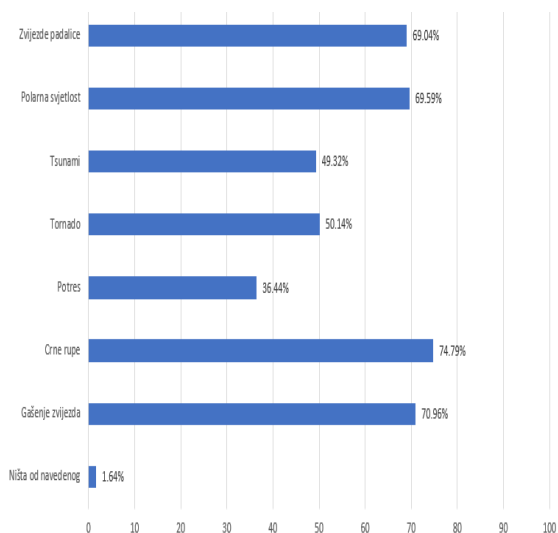
Slika 3.41: Raspodjela odabira učenica OŠ i SŠ

Pogledom na Sliku 3.37 vidljivo je kako se grmljavina ističe kao najpopularniji odabir, dok se uz taj odgovor još ističe i duga koja se nalazi na drugome mjestu. Najmanji interes učenici pokazuju za kišu i snijeg. Zanimljiva stvar se može uočiti na grafu rezultata glasanja učenika srednje škole (Slika 3.39). Učenici/ce srednje škole pokazali su najveći interes za maglu, pa tek onda za grmljavinu i dugu. Bilo bi zaista zanimljivo čuti zbog čega se stvorio toliko velik interes za tu pojavu među učenicima srednje škole. Iz ovog pitanja odlučio sam odabrati dvije pojave: grmljavinu i dugu. Smatram kako su obje pojave izrazito intrigirajuće i privlačne stoga ćemo se u sljedećem poglavlju baviti upravo ovima dvjema pojavama.

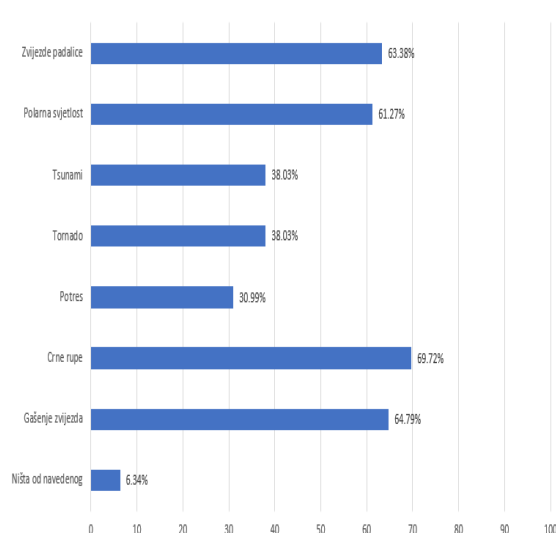
Posljednje pitanje iz ankete rezervirano je za pojave iz područja astronomije te još neke nesvakidašnje pojave poput tornada, tsunamija i slično. Učenicima je bilo postavljeno pitanje: Izuzev svakodnevnih prirodnih pojava, ponekad se susrećemo i čujemo o nekim rijetkim pojavama koje nam se čine interesantnima. Odaberi ili navedi one koje te interesiraju i o kojima bi želio/željela saznati više. Rezultate tog pitanja vidimo na grafovima ispod.



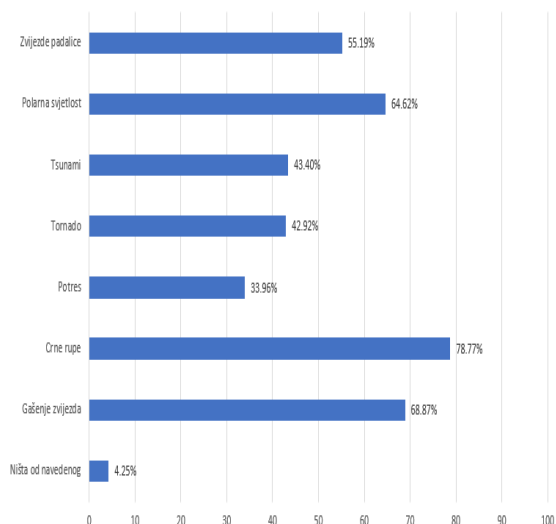
Slika 3.42: Raspodjela svih odabira



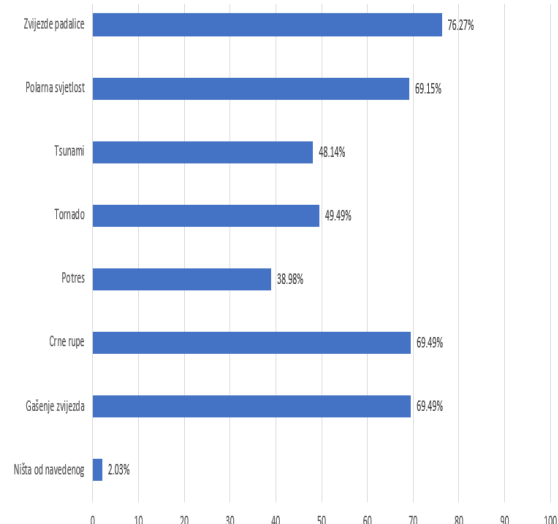
Slika 3.43: Raspodjela odabira učenika OŠ



Slika 3.44: Raspodjela odabira učenika SŠ



Slika 3.45: Raspodjela odabira učenika OŠ i SŠ



Slika 3.46: Raspodjela odabira učenica OŠ i SŠ

Opet je vidljivo te izraženo kako učenici pokazuju najveći interes za astronomiju (Slika 3.42) pa su tako crne rupe najpopularniji odabir na ovom pitanju. Taj odgovor prevladava kao najpopularniji svugdje osim kada pogledamo Sliku 3.46 na kojoj se nalazi raspodjela učenica osnovne i srednje škole. Učenice su najveći interes pokazale za zvijezde padalice - sitne čestice koje izgaraju ulazeći u atmosferu velikom brzinom. Uzimajući u obzir kako je ova anketa pokazala da su učenici najviše zainteresirani za astronomiju, iz ovog pitanja odabrao sam gašenje zvijezda kao pojavu koje ćemo se pobliže dotaknuti u sljedećem poglavlju.

## 4 Najpopularnije odabrane teme

Najpopularnije teme, odnosno teme koje sam izabrao i kojima ćemo se baviti u ovom poglavlju na način da ćemo ući dublje u njihov princip rada ili svojstva su redom:

1. Slušalice
2. Klima uređaj
3. Avion
5. Zvijezde
6. 3D printer i električni automobil
7. Grmljavina i duga
8. Zvijezde

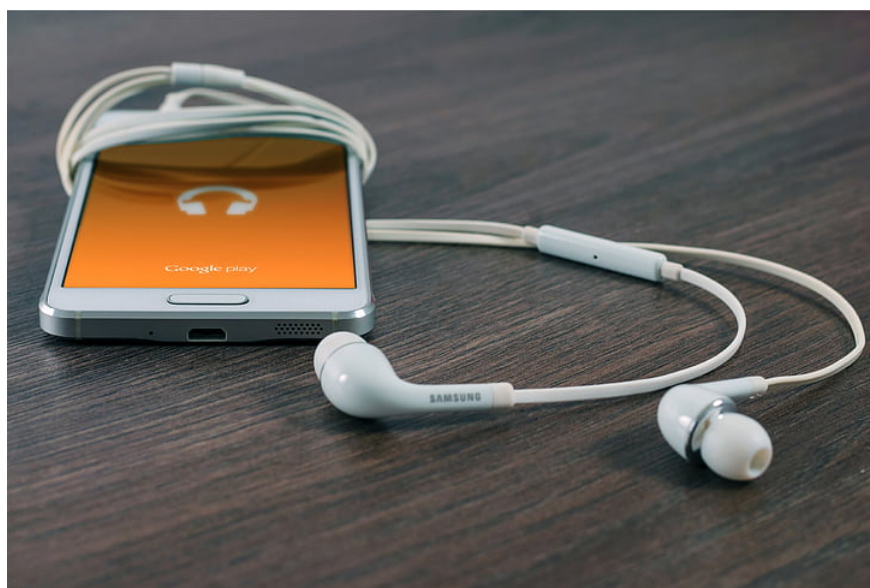
Zvijezde i njihovo gašenje su povezane teme pa ćemo ih zajedno obraditi kao cjelinu. Navedene odabrane teme svrstat ćemo u tri kategorije: fizika svakodnevnih predmeta, fizika svakodnevnih pojava i fizika moderne tehnologije. U fiziku svakodnevnih predmeta spadaju slušalice, klima uređaj i avion. U fiziku svakodnevnih pojava ulaze grmljavina, duga i zvijezde. Naposljetku, u fizici moderne tehnologije nalazi se 3D printer i električni automobil.



## 4.1 Fizika svakodnevnih predmeta - odabrane teme

### 4.1.1 Slušalice

Prvi predmet kojim ćemo se baviti u ovom poglavlju su slušalice. Za slušalice se može kazati da su pravi svakodnevni predmet obzirom da ih koristimo gotovo svugdje, bilo da slušamo glazbu kada se vozimo javnim prijevozom ili kada želimo telefonirati s nekime. Postoje više vrsta slušalica, a na slikama ispod možemo vidjeti primjere nekih od njih.



Slika 4.1: Slušalice za mobitel [28]



Slika 4.2: Slušalice za računalo [29]



Slika 4.3: Bluetooth slušalice [30]

Zanimljiva je činjenica da su prve slušalice koje su nalik današnjima izumljene davne 1910. od strane Nathaniela Baldwina [1]. One su naravno bile ručno izrađene obzirom da tehnologija u tom razdoblju nije bila odviše razvijena. Njihova primjena je bila u ratne svrhe. Koristili su ih piloti kako bi jasnije čuli zvuk. Ono što je zajedničko svim slušalicama je način na koji funkcioniraju. Sve slušalice pretvaraju električnu energiju u zvučnu energiju, odnosno postoje komponente u slušalicama koje su zadužene za takvo što. Moglo bi se zapravo reći da funkcioniraju na istome principu kao i zvučnici, samo što je razlika u tome da slušalice služe kako bi jedna osoba slušala zvuk, dok su zvučnici namijenjeni za veću populaciju ljudi [1].

Promotrimo sada na Slici 4.4 dijelove slušalice.



Slika 4.4: Dijelovi slušalice [31]

Svaka slušalica sastoji se od sljedećeg:

1. Stražnje kućište: kroz njega ulaze dvije žice - koje priključuju slušalicu u strujni krug i dovode električni signal
2. Prednje kućište: sadrži male rupice kroz koje izlazi zvuk i ulazi u naše uho
3. Žice
4. Ovojnica: služi kako bi pričvrstila prednje kućište sa stražnjim
5. Magnet: esencijalan dio svake slušalice, a ujedno i najmasivniji dio
6. Zavojnica: jednako važan dio kao i magnet, postaje elektromagnet kada struja njome protječe
7. Transparentna plastična membrana: plastični dio slušalice koji kada titra proizvodi zvuk

Valja napomenuti kako je ovdje za primjer dana slušalica za mobitel. Razlika između jedne takve slušalice i primjerice slušalice za računalo je u veličini dijelova - slušalica za računalo sadrži sve te dijelove, ali su oni puno veći.

Sada kada smo naveli sve dijelove slušalice napokon možemo pojasniti njihov princip rada. Sve kreće od našeg prsta. Na mobitelu (računalu, tabletu...) odaberemo pjesmu koju želimo slušati te pritisnemo Reproduciraj (Play). U trenutku pritiska naš uređaj šalje digitalni signal u obliku mnoštva nula i jedinica (0 i 1 su elementi binarnog sustava, a to je temeljni jezik tehnike) koji dolazi do nečega što nazivamo konverter [1]. Zadaća konvertera je pretvoriti digitalni signal u električni. Nakon što se digitalni signal pretvorio u električni, on dalje putuje unutar stražnjeg kućišta kroz žice (Slika 4.4) sve do zavojnice. Ovdje se zapravo dešava prava fizika. Na prednjem dijelu zavojnice nalazi se plastična membrana koja je zalijepljena na nju tako dok je unutarnji dio folije fiksiran za kućište. Struja koja dolazi u zavojnicu zaslužna je za stvaranje magnetskog polja u prostoru oko zavojnice. Sada kada je zavojnica zapravo postala elektromagnet, važnu ulogu dobiva trajni magnet koji se nalazi u slušalici. Obzirom da se struja mijenja u skladu s električnim signalom koji dolazi, to će uzrokovati da će se trajni magnet i zavojnica koja je postala elektromagnet međusobno početi privlačiti ili odbijati, ovisno o smjeru struje što u konačnici tjera membranu koja se nalazi na zavojnici na titranje, odnosno proizvodnju zvuka kroz titranje okolnog zraka [2]. Taj zvuk prolazi kroz rupice na prednjem kućištu i on dalje putuje u naše uho. Kada zaustavimo glazbu, struja prestaje teći kroz zavojnicu te ona tada više nije elektromagnet. Ista stvar koju smo pojasnili na primjeru slušalice za mobitel primjenjiva je i kod slušalice za računalo. Naravno, ako je frekvencija titranja folije veća tada će se čuti zvuk više frekvencije i obrnuto.

Kako tehnologija napreduje iz dana u dan, tako se razvijaju sve modernije i modernije slušalice. U novije vrijeme izumljene su slušalice koje mogu eliminirati vanjsku buku. Imaju široku primjenu, a najviše ih koriste piloti koji upravljaju avionima, helikopterima i slično obzirom da je u kabinama velika buka te bi koristeći obične slušalice slabo ili uopće ne bi mogli čuti naredbe koje primaju, a to bi uzrokovalo povećani broj nesreća.

Princip eliminiranja vanjske buke je zapravo veoma jednostavan. Sve što je potrebno jest proizvesti val koji je pomaknut u fazi za  $180^\circ$  u odnosu na val koji dolazi. Kada se takva takva dva vala susretnu, oni se destruktivnom interferencijom ponište te zapravo ne čujemo ništa. U praksi neke slušalice opremljene su sa jastučićima od nekog mekanog materijala koje kada gurnemo u uho blokiraju većinu vanjske buke. To nazivamo pasivnom redukcijom zvuka [3]. Aktivna redukcija zvuka radi na principu koji smo maloprije opisali. U samim slušalicama nalaze se mali mikrofoni koji konstantno osluškiju vanjsku buku te šalju signale u u strujni krug unutar slušalica [3]. Strujni krug tada stvara valove koji su u protufazi sa onima koje je mikrofoni primio i šalje ih u zvučnike koji pokrivaju naše uši. Time smo efektivno eliminirali sve neželjene zvukove te se možemo fokusirati na ono što želimo čuti. Važno je istaknuti kako takve slušalice nisu preporučljive u svim situacijama, kao što je primjerice prilikom vožnje automobila, bicikla i slično gdje želimo konstantno osluškivati okolinu kako nebi došlo do prometne nesreće.

#### 4.1.2 Slušalice u nastavi fizike

Upoznavajući se s principom rada slušalica primijetili smo kako se u njemu generalno protežu dva područja fizike: valovi i elektromagnetizam stoga postoji velika mogućnost njihovog uključivanja u nastavu. Krenimo najprije s osnovnom školom.

Slušalice se mogu navesti kao primjer kod pretvorbe energije. Pojam energije spominje se u sedmom razredu osnovne škole gdje se opisuje kinetička i potencijalna energija te se navode primjeri pretvorbe energije koje se dešavaju u prostoru oko nas. Naveli smo kako se u slušalicama električna energija pretvara u energiju zvuka. Nećemo konkretno opet ulaziti u taj proces obzirom da to nije gradivo osnovne škole, ali svakako smatram kako je sam primjer slušalica kod pretvorba energije dovoljno intrigirajuć da se privuče učenikova pažnja. Zbog svega navedenog mogli bismo iskoristiti primjer pretvorbe energije kod slušalica za završni dio sata u kojem smo se bavili konceptima energije u obliku nekog primjera iz života i konceptualnog pitanja. Sljedeće na repertoaru su valovi. Valovi su sastavni dio gradiva koje se obrađuje na kraju osmog razreda. Primjer slušalica mogao bi nam pomoći prilikom uvođenja koncepta zvuka u istoimenoj nastavnoj jedinici na način da kao uvodno pitanje učenike upitamo kako, odnosno na koji način putuje zvuk koji čujemo iz slušalice u naše uho. Ovdje ciljamo da učenici prepoznaju da postoji konkretno neki medij (u našem slučaju zrak) te da se kroz njega val koji dolazi do našeg uha. Možemo isto tako izvesti opservacijski pokus na način da pustimo glazbu na zvučnik te prislonimo ruku na njega - osjetit ćemo kako vanjska membrana zvučnika titra te se proizvodi zvuk. Ista stvar događa se i u slušalicama koje svakodnevno koristimo. Nadalje, u središnjem dijelu sata možemo uvesti pojam zvuka kao longitudinalnog vala obzirom da čestice titraju u istom smjeru u kojem se i val širi. Korisno je spomenuti i pojmove poput brzine zvuka, buke, infra i ultrazvuka te navesti primjerice da se zvuk širi 340 m/s u zraku, a otprilike četiri puta brže u vodi (1500 m/s). Završni dio sata posvetili bismo konceptualnim pitanjima.

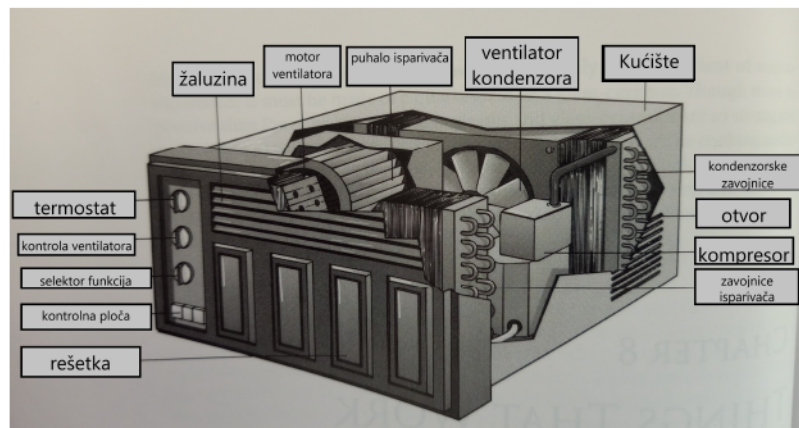
U srednjoj školi sve što smo do sada naveli možemo dodatno obogatiti. Spominjali smo kako zvuk u slušalicama u principu nastaje titranjem membrane koja je posljedica privlačenja i odbijanja dvaju magneta od kojih je jedan trajan magnet, a drugi je privremeni magnet, odnosno elektromagnet u našem slučaju. Mogli bismo slušalice uključiti u sat u kojem se obrađuje nastavna jedinica magnetsko polje električne struje. Magnetsko polje električne struje gradivo je trećeg razreda gimnazije. Pojam magnetskog polja uvodi se koristeći Oerstedov pokus kojim se pokazuje kako električna struja stvara magnetsko polje oko sebe. To bi nam bio uvodni dio sata, a u središnjem dijelu sata bavili bismo se magnetskim poljem zavojnice koristeći slušalice kao primjer. Konstatirali bismo kako se u slušalicama nalazi trajni magnet i zavojnica na koju je pričvršćena plastična membrana te bi nam istraživačko pitanje kojim bismo se bavili bilo kako se proizvodi zvuk u slušalicama. U idealnom slučaju u školi posjedujemo zavojnicu i magnetsku prašinu te preko toga možemo pokazati oblik linija magnetskog polja zavojnice kojom teče struja. Smjer magnetskog polja možemo odrediti pravilom desne ruke - savijeni prsti će slijediti smjer struje koja teče zavojnicom dok nam palac pokazuje sjeverni pol magnetskog polja. Obzirom da struja koja teče zavojnicom mijenja svoj smjer jer se radi o izmjeničnoj struji, mijenjat će se i magnetsko polje zavojnice. Iz navedenog razloga, ovisno o smjeru magnetskog polja zavojnice doći će ili do privlačenja ili do odbijanja trajnog magneta i elektromagneta (zavojnice) čime će plastična membrana na zavojnici početi titrati i proizvest će se zvuk. Istraživanjem možemo pokazati i kako je magnetsko polje zavojnice proporcionalno struji koja teče kroz nju i broju zavoja, a obrnuto proporcionalno duljini zavojnice te napisati izraz:

$$\text{---} \tag{4.1}$$

U završnome dijelu sata bavili bismo se konceptualnim pitanjima.

### 4.1.3 Klima uređaj

Klima uređaj također možemo svrstati u prave svakodnevne predmete iako ih pretežito koristimo ljeti kada su velike temperature. Svrha klima uređaja je jasna - služi za hlađenje prostora, odnosno odvođenje topline iz sobe čime se postiže manja temperatura u samome prostoru. Primjer klima uređaja možemo vidjeti na Slici 4.5.



Slika 4.5: Klima uređaj (prerađeno prema [5])

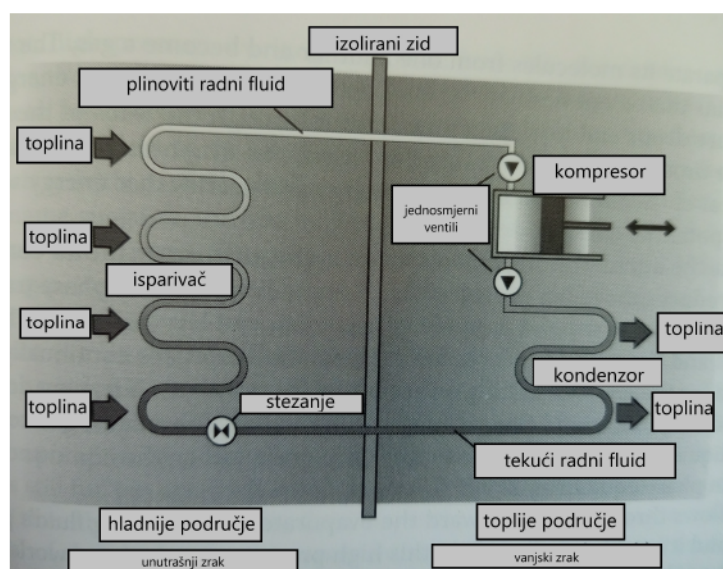
Kako bismo razumjeli princip rada klima uređaja, najprije moramo usvojiti osnovne koncepte termodinamike. Kada imamo dva tijela koja su u toplinskom kontaktu i pritom su ta dva tijela na različitim temperaturama, doći će do prijelaza topline s toplijeg tijela na hladnije sve dok im se ne izjednače temperature, odnosno dok se ne postigne termodinamička ravnoteža. Isto tako, možemo razmatrati slučaj tri tijela: ako je tijelo jedan u termodinamičkoj ravnoteži s tijelom tri i tijelo dva je u termodinamičkoj ravnoteži s tijelom tri, tada će i tijela jedan i dva međusobno biti u termodinamičkoj ravnoteži [22]. Ovo se naziva nulti zakon termodinamike. Prirodan tok topline je dakle s toplijeg na hladnije tijelo. U našem slučaju tok topline je obrnut - klima uređaj uzima toplinu iz hladnijeg prostora (sobe u kojoj se nalazi klima uređaj), te ju odvodi u vanjski prostor. Svako tijelo posjeduje unutarnju energiju, nju možemo definirati kao sumu kinetičkih i potencijalnih energija svih čestica tijela. Dovođenjem topline tijelu se povećava njegova unutarnja energija, a ako tijelo obavlja neki rad nad okolinom njemu će se unutarnja energija smanjiti [23]. Ovime smo zapravo izrekli prvi zakon termodinamike:

$$\Delta U = Q - W \quad (4.2)$$

pri čemu je  $U$  promjene unutarnje energije,  $Q$  toplina, a  $W$  rad. Rad u jednažbi iznad ima negativan predznak čime dajemo do znanja da se radi o radu plina na okolinu.

Nakon svega što smo do sada naveli, postaje jasno da je potrebno uložiti određeni rad kako bi toplina prelazila s hladnijeg na toplije tijelo - to je suština drugog zakona termodinamike, ujedno i posljednjeg važnog koncepta. To se može ostvariti koristeći dva spremnika koja se nalaze na različitim temperaturama, a između njih se nalazi radni fluid. Energija (toplina) će se uzimati s hladnijeg spremnika i davati toplijem uz vršenje rada okoline na plin.

Zbog svega do sad navedenog možemo zaključiti kako nam je potrebna svojesvrсна pumpa koja će odvesti toplinu iz našeg doma u vanjski prostor i pritom će se vršiti vanjski rad na plin na račun uložene električne energije obzirom da toplina ne ide u prirodnom smjeru. Promotrimo pojednostavljenu shemu rada klima uređaja na Slici 4.6.



Slika 4.6: Princip rada klima uređaja (prerađeno prema [5])

Kod većine klima uređaja koristi se radni fluid koji apsorbira toplinu s hladnijeg mjesta (naš dom) i nosi je u vanjski prostor. Radni fluid prolazi kroz svojevrsan krug koji se sastoji od tri glavne komponente klima uređaja - isparivač, kondenzor i kompresor (Slika 4.6). Isparivač se nalazi unutar našeg prostora, dok su kondenzor i kompresor locirani izvan našeg doma. Isparivač je dugačka metalna cijev čija je



funkcija prenijeti toplinu iz okolnog lokalnog zraka do hladnog radnog fluida unutra. Također postoji i ventilator koji ubrzava prijenos topline do radnog fluida. Putujući kroz cijev do isparivača radni fluid se u početku nalazi u tekućem stanju obzirom da se tada nalazi u stanju visokog tlaka pri čemu je stabilan u tekućem stanju. Da bi prešao iz tekućeg u plinovito stanje potrebna je određena latentna toplina isparavanja koju radni fluid dobiva od zraka iz prostorije koju hladi. Tik prije nego li dođe do isparivača radni fluid prolazi kroz vrlo uzak procijep pri kojem mu drastično pada tlak i on sada više nije stabilan u tekućem stanju već prelazi u plinovito stanje i stiže do isparivača. Ovim procesom radni fluid je poprilično smanjio i svoju temperaturu. Radni fluid ima nisku točku vrenja, pa može na sobnoj temperaturi prijeći u plinovito stanje.

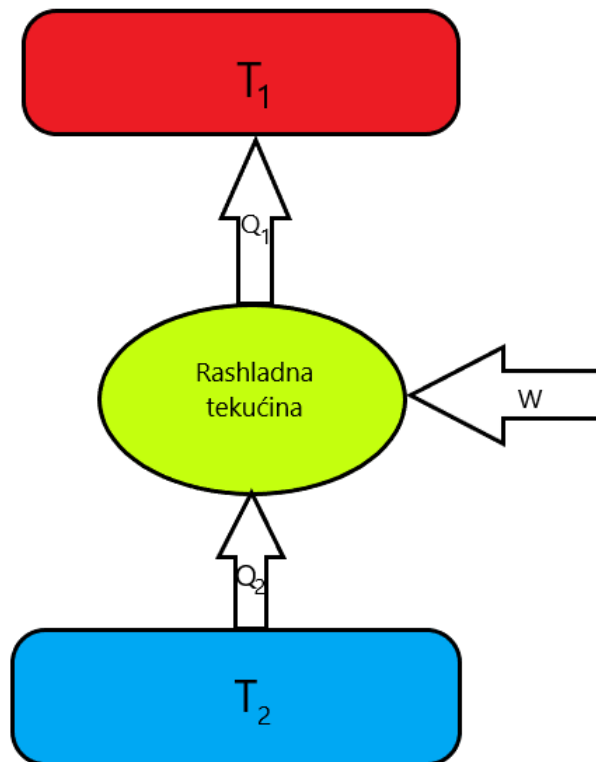
Niskotlačni plinoviti radni fluid stiže do kompresora (Slika 4.6). Funkcija kompresora je vrlo jednostavna: on uzima taj plin te ga komprimira čime se plinu povećava gustoća, a time ujedno i temperatura te tlak plina [5]. Plin potom odlazi do kondenzora. Naravno, kako bi se komprimirao plin potrebno je uložiti određeni rad što znači da će se plinu povećati energija kad ga kompresor stlači čime će mu se ujedno i povećati temperatura. A odakle kompresoru ta energija? Tu energiju dobiva na račun uložene električne energije koju plaćamo. Kada bismo zanemarili taj dio, došli bismo u kontradikciju s prvim zakonom termodinamike. [5]

Naposljetku dolazimo do posljednje komponente klima uređaja, a to je kondenzor. Kondenzor se također sastoji od cijevi poput isparivača. Uloga kondenzora je obrnuta od one isparivača - on kondenzira visokotlačni plin koji u njega dolazi na način da vanjski zrak prelazi preko kondenzora i preuzima toplinu od radnog plina. Kako bi radni fluid prešao iz plinovitog u tekuće stanje potrebno je otpustiti određenu latentnu toplinu kondenzacije čime se smanjuje njegova temperatura i dolazi do prijenosa topline kroz cijevi kondenzora u okolni vanjski prostor. I tu završava ciklus radnog fluida - on će iz kondenzora doći u isparivač i proces kreće iznova.

#### 4.1.4 Klima uređaj u nastavi fizike

Klima uređaj idealan je predmet za ilustrirati sva načela termodinamike. Kod uvođenja pojma topline u sedmome razredu osnovne škole konstatirat ćemo kako toplina spontano prelazi s tijela veće temperature na tijelo manje temperature, pa tako na kraju sata u kojem se obrađuje nastavna jedinica toplina učenicima možemo postaviti pitanje za razmišljanje i diskusiju na temu postoje li i koji su to uređaji koji uzimaju toplinu hladnijem tijelu i predaju ju toplijem, te zbog čega postoji potreba ulaganja energije za takav proces.

U srednjoj školi otvara nam se mnogo više mogućnosti za primjenu klima uređaja u nastavi fizike. Uobičajena procedura u drugom razredu gimnazije kada se bavimo gradivom termodinamike jest uvođenje pojma toplinskog stroja koristeći primjer parnog stroja ili nekog sličnog uređaja. Nova ideja bila bi sljedeća: kao uvodno pitanje učenicima postaviti pitanje koja je sličnost između klima uređaja i hladnjaka. Nakon što bi učenici iznijeli svoja razmišljanja zajedno bismo došli do zaključka kako oboje predaju toplinu od hladnijeg tijela prema toplijem uz ulaganje rada. Takvo što nazvat ćemo rashladnim strojem te možemo krenuti na središnji dio sata. U središnjem dijelu sata pozabavit ćemo se istraživačkim pitanjem kako funkcionira rashladni stroj, odnosno klima uređaj. Ovdje možemo shematski prikazati kako on funkcionira koristeći Sliku 4.7. Toplina iz našeg doma se predaje rashladnoj tekućini nad kojom okolina vrši rad te se toplina dalje predaje vanjskome prostoru čime postizemo da se naš prostor hladi.



Slika 4.7: Shematski prikaz rashladnog stroja

I to je u principu način rada klima uređaja ili hladnjaka ili bilo kakvog drugog sličnog rashladnog uređaja. Kasnije tokom sata možemo eventualno uvesti i pojam korisnosti rashladnog stroja, a sat bismo završili pokojim konceptualnim pitanjem.

#### 4.1.5 Avion

Avion je vjerojatno jedno od najvećih postignuća ljudskog roda kada je u pitanju prijevoz. On pruža relativno brz i siguran prijevoz putnika na duže staze obzirom da ne zahtijeva nikakvo građenje prometnica i slično. Priča o prvome avionu dobro je znana javnosti. Prvi avion na vlastiti pogon (motor) izumili su braća Wright. Kao relevantan datum uzima se 17. prosinca 1903. jer su tada braća Wright odradila četiri kratka leta sa svojim avionom nazvanim Wright Flyer [7]. Ovaj avion dakako nije bio gotov proizvod - proći će mnogo godina prije nego li avion postane izrazito siguran za prijevoz putnika. Moderni primjer aviona možemo vidjeti na Slici 4.8.



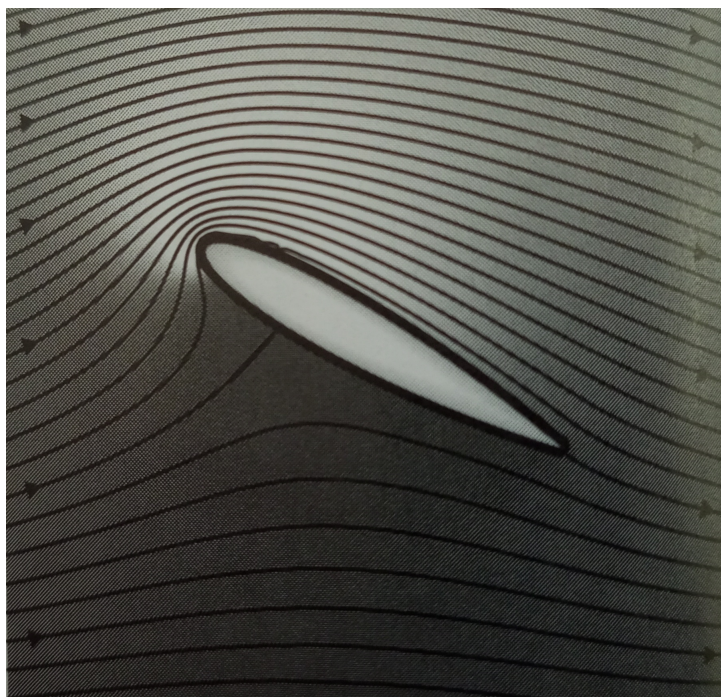
Slika 4.8: Moderni avion [32]

Pogledom na Sliku 4.8 uviđamo kako se avion sastoji od mnogo dijelova, no nas će zanimati nos, krila i motor jer su oni ključni za razumijevanje načina rada aviona. Da bismo naučili kako avion leti, promatrati ćemo tri faze - avion na pisti, avion u trenutku polijetanja i avion u zraku.

Kada se avion giba po pisti, njegova krila se nalaze u horizontalnom položaju. Zrak koji tada nailazi na krila se dijeli na dva dijela: jedan dio putuje po gornjem dijelu krila, a drugi putuje po donjem dijelu krila. Obzirom da je krilo simetrično s gornje i donje strane te horizontalno, ono neće osjećati nikakvu silu koja bi ga htjela gurati prema gore ili prema dolje. Postoji jedino sila otpora zraka koja pokušava zaustaviti avion, no ona je izrazito malena baš zbog oblika krila pa je stoga zanemariva. Zbog toga što je otpor zraka malen, avion ima veliku akceleraciju prema napred i nakon par desetaka metara on će dostići brzinu koja mu je potrebna za polijetanje. [6]

U trenutku podizanja, pilot će podignuti nos aviona pa će se stoga i cijeli avion nalaziti pod određenim kutem u odnosu na horizontalu. Kako bismo objasnili što uzrokuje polijetanje aviona, promotrit ćemo dva objašnjenja koja nam daju odgovor na to pitanje.

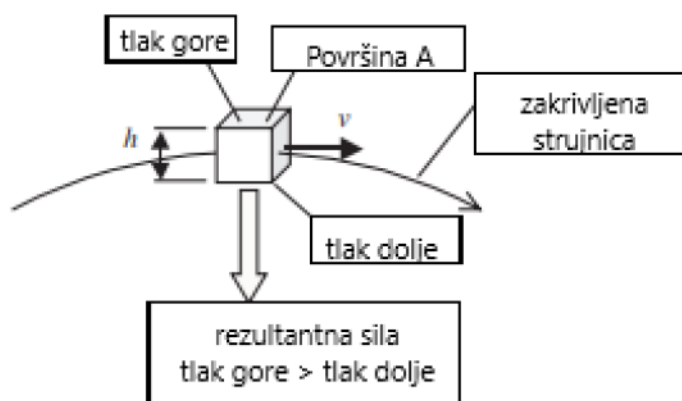
Prvo objašnjenje tiče se Bernoullijevog zakona koji kaže kako se tlak fluida smanjuje kako mu se brzina povećava i obratno [20]. Promotrimo Sliku 4.9. Linije koje opažamo na slici nazivamo strujnicama - zamišljene linije koje prikazuju strujanje fluida (zrak u našem slučaju). Tamnom bojom označene su regije s visokim tlakom zraka, a svjetlijom bojom regije s niskim tlakom zraka. Obzirom da je krilo zakrivljeno, postojat će razlika tlakova između gornjeg i donjeg dijela krila. Zrak koji putuje gornjim dijelom krila brži je od zraka koji putuje donjim dijelom krila. Bernoullijev teorem nam kaže kako se na gornjem dijelu nalazi manji tlak nego na donjem dijelu što je povezano s brzinom strujanja zraka koja je veća na gornjem dijelu nego na donjem dijelu [20]. Posljedica toga bit će stvaranje potiska koji će podizati avion. Iako je Bernoullijeva jednadžba ispravna ne objašnjava u potpunosti zašto je tlak zraka niži na gornjem dijelu gdje je strujanje zraka brže nego na donjem dijelu već samo navodi da je to tako. Isto tako ne objašnjava zašto avioni u određenim uvjetima mogu letjeti okrenuti naopačke.



Slika 4.9: Strujnice zraka tokom polijetanja aviona [6]

Drugo objašnjenje koristi treći Newtonov zakon koji kaže da ako tijelo A djeluje silom na tijelu B, tada će i tijelo B djelovati na tijelo A silom istog iznosa, ali suprotnog smjera. U našem slučaju tijelo A će biti avion (krilo aviona), a tijelo B će biti zrak. Zrak koji se nalazi ispod krila (Slika 4.9) biva guran prema dolje od strane krila, što će rezultirati generiranjem potiska prema gore kao posljedice trećeg Newtonovog zakona. Ovo objašnjenje nailazi na isti problem kao i prijašnje, a to je da nije objašnjeno zašto je gornji dio avionskog krila na manjem tlaku zraka od donjeg dijela krila.

H. Babinsky ([21]) nudi i treće objašnjenje, koje se čini najkompletnijim. Promotrimo česticu fluida koja se giba po zakrivljenoj strujnici na Slici 4.10.



Slika 4.10: Čestica fluida koja se giba po zakrivljenoj strujnici (prerađeno prema [21])

Pretpostavit ćemo da se čestica fluida giba stalnom brzinom duž strujnice što znači da je tlak duž strujnice konstantan. Mora postojati centripetalna sila na česticu zbog toga što čestica mijenja svoj smjer duž gibanja po strujnici, a ta sila se jedino može javiti radi razlike u tlakovima iznad i ispod strujnice što znači da se zakrivljenoj strujnici tlak povećava u smjeru od centra zakrivljenosti strujnice [21]. Ovo možemo i matematički pokazati. Centripetalnu silu računamo po formuli  $F = \frac{mv^2}{R}$ , tlak s donje strane definirat ćemo kao  $p_{dolje} = p$ , a tlak s gornje strane kao  $p_{gore} = p + dp$ . Masu dobivamo iz formule gustoće:

$$\rho = m/V \quad \Rightarrow \quad m = \rho V = \rho Ah \quad (4.3)$$

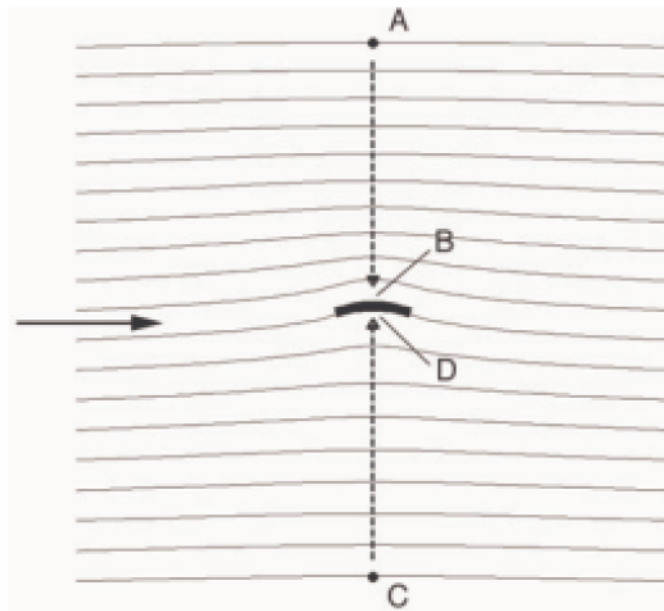
dok je promjena tlaka duž visine  $h$  jednaka  $dp = h(dp/dn)$  pri čemu je  $n$  koordinatna os u smjeru normale na strujnicu usmjerena od centra zakrivljenosti. Kombinacijom ovih formula dobiva se:

$$F = Adp = Ah \frac{dp}{dn} = \rho Ah \frac{v^2}{R} \quad (4.4)$$

$$\frac{dp}{dn} = \rho \frac{v^2}{R} \quad (4.5)$$

Iz ovoga vidimo da ako je strujnica zakrivljena mora postojati gradijent tlaka okomito na strujnicu, a tlak se povećava u smjeru od centra zakrivljenosti.

Stečeno znanje sada možemo primijeniti na slučaj pojednostavljenog avionskog krila prikazanog na Slici 4.11.

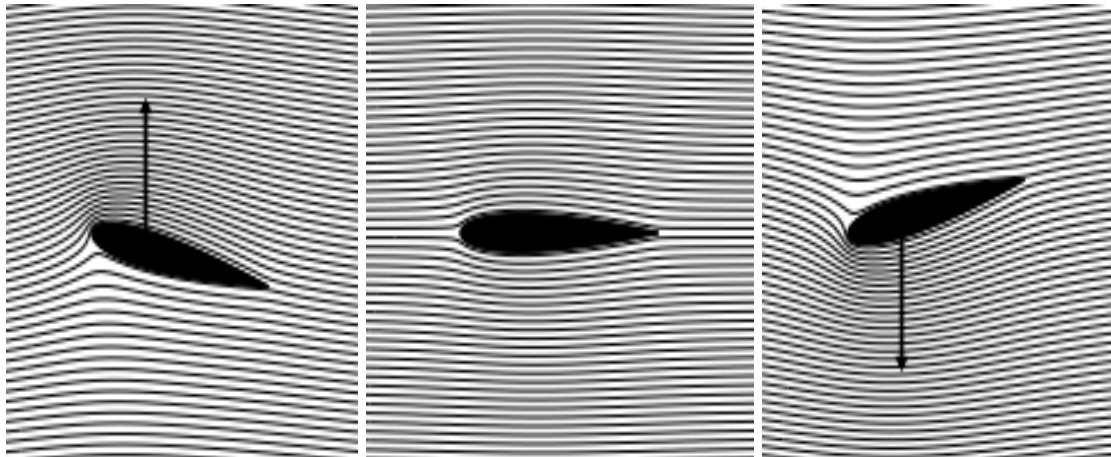


Slika 4.11: Strujnice oko pojednostavljenog avionskog krila [21]

U točkama A i C tlak zraka je atmosferski, odnosno je jednak nuli. Kako se približavamo ploči tako se mijenja i tlak. Ako se pomičemo od točke A do točke B tlak će opadati pa će u točki B biti manji od atmosferskog, a ako se pomičemo od točke C do D tlak će se postepeno povećavati pa će u točki D biti veći od atmosferskog. Iz danog razloga tlak u točki D će biti veći nego u točki B što će rezultirati rezultantnom silom u smjeru prema gore. Ovime smo objasnili da avionska krila osjećaju aerodinamički uzgon jer struja zraka slijedi njihovu površinu i time unosi zakrivljenost u strujnice i stvara razliku tlakova s gornje i donje strane.



Na sljedećim slikama možemo vidjeti strujnice oko simetričnog presjeka avionskog krila pri raznim kutevima nagiba.



(a) Pozitivan nagib

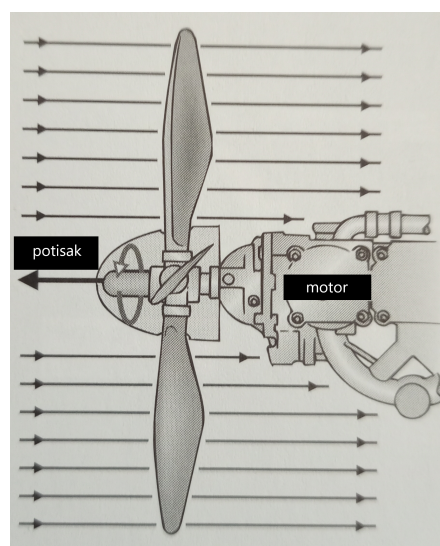
(b) Nema nagiba

(c) Negativan nagib

Slika 4.12: Strujnice oko simetričnog presjeka avionskog krila za pojedini nagib

Uočavamo da se ovisno o nagibu može dobiti sila prema gore (Slika 4.12a), prema dolje (Slika 4.12c) ili sila jednaka nuli (Slika 4.12b). Zato avioni pri polijetanju podižu nos kako bi generirali uzgon.

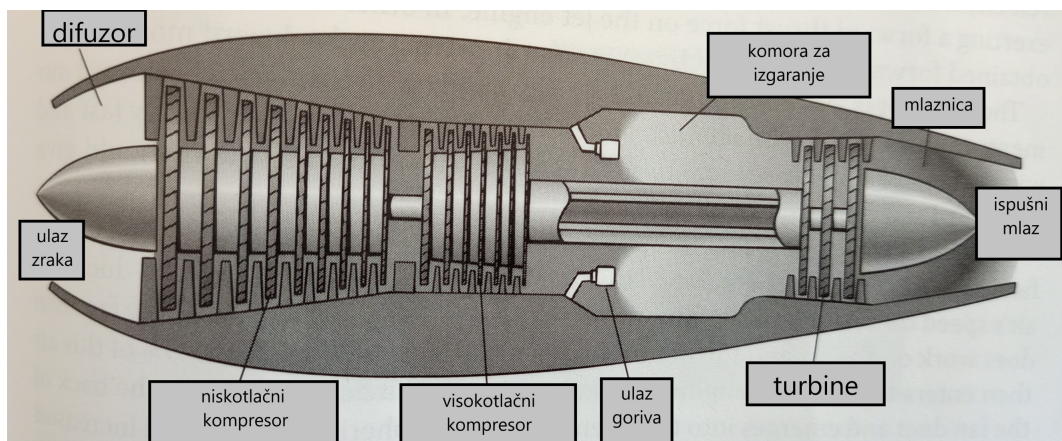
Nadalje ćemo se baviti motorima koji pokreću avion. Avioni kao motor koriste dvije stvari: propelerski pogon i mlazni pogon. Propelerski pogon možemo razmotriti na slici 4.13.



Slika 4.13: Propelerski pogon (prerađeno prema [6])

Propeler se sastoji od rotirajućih krilca, a njihova svrha je generirati potisak prema naprijed kada se ona okreću i prolaze kroz zrak na način da potiskuju zrak prema natrag [6]. Kako propeler "reže" zrak kada se avion kreće prema naprijed, dolazi do određenih promjena u tlakovima, pa je tako tlak s prednje strane niži od onog sa stražnje strane, što rezultira pojavom sile koja gura avion prema naprijed. Također se javlja i otpor sredstva koji nastoji usporiti rotaciju propelera. Propeler dakako ima svoje prednosti, ali i svoje mane. Možemo istaknuti tri glavne mane propelera. Prva mana je stvaranje zakretnog momenta pri kretanju aviona kroz zrak koji može uzrokovati prevrtanje aviona. Taj problem se može riješiti na način da se postavi jedan propeler u sredinu, na vrh aviona ili postavljanjem recimo dva propelera, svakog na jednoj strani aviona i da se okreću u suprotnim smjerovima [6]. Sljedeća mana jest da potisak koji propeler stvara polako nestaje kako se povećava brzina aviona, pa stoga krila propelera moraju povećati kut koji zatvaraju s horizontalom kako bi održali potisak. Posljednja glavna mana je otpor na koji nailazi propeler kod velikih brzina. Iz tog razloga krila propelera moraju se okretati izuzetno velikom brzinom (konkretno brzinom većom od one zvuka što dovodi do pojave udarnih valova [5]).

Za razliku od propelerskog pogona koji se odmah hvata u koštac sa zrakom koji na njega dolazi, mlazni pogon radi na malo drugačijem principu (Slika 4.14).



Slika 4.14: Shema mlaznog pogona (prerađeno prema [6])

Zrak ulazi u mlazni pogon aviona brzinom kojom se avion kreće (otprilike 800 km/h [6]), te se njegova brzina smanjuje u difuzoru. Zrak zatim prolazi kroz dva kompresora gdje mu povećava tlak (postaje nekoliko puta veći od atmosferskog), a i energija, te stiže do komore za izgaranje. U komori se dodaje gorivo te dolazi do

izgaranja. Nova smjesa plinova je sada na većoj temperaturi i to će uzrokovati i veći volumen nego što ga je zrak imao prije izgaranja. Takva vruća smjesa plina odlazi do turbine gdje vrši rad nad turbinom čime pokreće kompresor i akcelerira kroz stražnji dio te izlazi van [5]. Što smo zapravo sa svime ovime postigli? Najprije smo zrak usporili, a zatim ga ponovo ubrzali kroz kompresor i sagorijevajući ga s gorivom on zapravo iz mlaznog pogona izlazi s većom brzinom što ju je imao prilikom ulaska. Zbog toga što je sada dana smjesa na većoj brzini ona će kao reakciju na to da ju je mlazni pogon gurnuo prema natrag (proces povećavanja brzine) reagirati i dati potisak avionu prema naprijed. Možemo reći da je avion ostvario moment prema naprijed dajući zraku moment prema natrag [6]. Kako bi mlazni pogon bio učinkovitiji, na njegov početak stavlja se ventilator koji ima ulogu sličnu propeleru - gura zrak udesno, a zrak to njemu vraća stvarajući potisak prema naprijed.

Posljednje čime ćemo se pozabaviti u ovome poglavlju jest kako avion održava stabilnost u letu. Stabilnost u letu naravno posao je pilota koji upravlja avionom, ali nas zanima kako, odnosno što njemu omogućuje da on (ili ona) to uspijeva učinkovito raditi. Napomenuli smo kako se na krilima aviona nalaze dijelovi koji se mogu pomicati te tako regulirati tlak koji se nalazi oko njih, a samim time i brzinu zraka. Na stražnjem dijelu aviona (repu) nalaze se tri "peraje" koje imaju zadatak održati avion stabilnime na način da svojim podizanjem ili spuštanjem reguliraju brzinu i tlak zraka.

#### 4.1.6 Avion u nastavi fizike

Srž razumijevanja kako funkcionira avion leži u dobrom vladanju znanjem iz područja aerodinamike. Aerodinamika nije nešto što se uči u osnovnoj školi, dok se u srednjoj školi spominje kada se govori o strujanju fluida. Naime, strujanje fluida može se odvijati unutar neke cijevi, a s druge strane može se odvijati i oko predmeta koji se giba u fluidu - kao primjerice krila aviona. Osnovni zakon strujanja fluida opisan je u Bernoullijevoj jednadžbi koja kaže da je zbroj vanjskog, hidrostatskog i dinamičkog tlaka za idealni fluid u laminarnom strujanju stalan, odnosno:

(4.6)

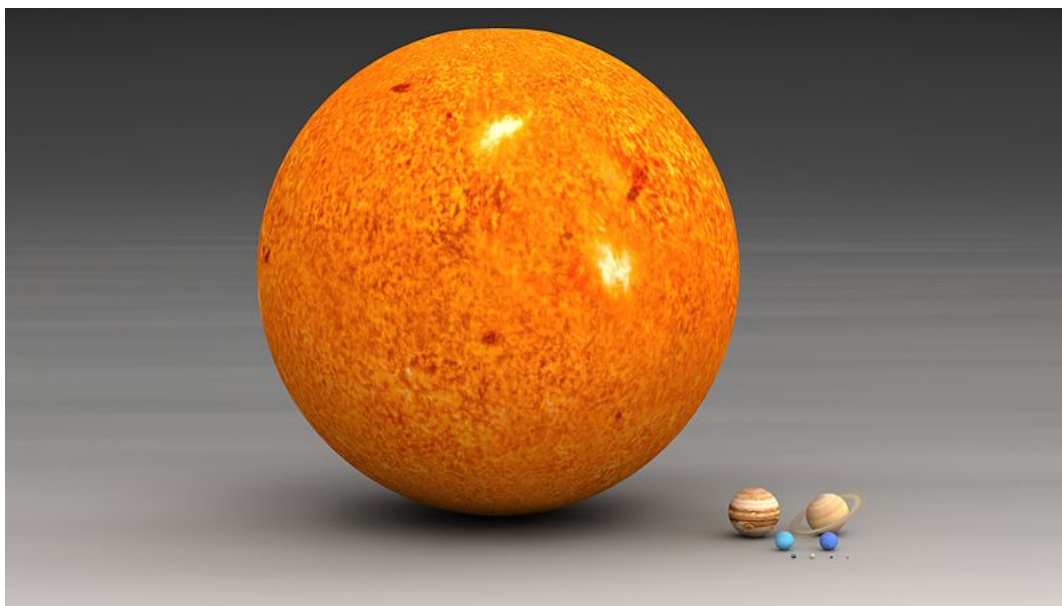
Uobičajena je procedura uvođenja Bernoullijeve jednadžbe kroz razmatranje strujanja fluida na početku drugog razreda gimnazije. U horizontalnome gibanju hidrostatski tlak (drugi član jednadžbe) iščezava i ostaju nam samo statički i dinamički tlak. Upravo je to slučaj prije polijetanja aviona i kada se avion nalazi u zraku na nekoj visini. Iz navedenih razloga mogli bismo avion uvesti u nastavnu jedinicu strujanje fluida na način da razmotrimo polijetanje aviona nakon što smo usvojili Bernoullijevu jednadžbu, tj. razumjeli kako se pri povećanju dinamičkog tlaka mora smanjiti statički tlak. Kako bi učenici shvatili kako avion polijeće koristiti ćemo se Slikom 4.9. S učenicima možemo diskutirati o tome kako se tlak mijenja sa zakrivljenosti strujnica i kako to rezultira pojavom rezultantne sile koja podiže avion. Nećemo ulaziti u matematički dokaz, ali koristeći Slike 4.10 i 4.11 lako se može pokazati zašto dolazi do pojave rezultantne sile prema gore, odnosno kako je razlika tlakova razlog tome.

## 4.2 Fizika svakodnevnih pojava - odabrane teme

### 4.2.1 Zvijezde

Pogledom na nebo noću možemo uočiti malene svjetlucave objekte koje nazivamo zvijezdama. Upravo su zvijezde, tema ovog poglavlja, privlačile i plijenile poglede ljudi još iz doba kada se otkrivala vatra. Ta znatiželja bila je glavni motivirajući faktor starim Grcima i Rimljanima zbog koje su provodili sate i sate sjedeći pred noćnim nebom i zapisujući sve što vide kako bi dokučili što su to zapravo zvijezde. Danas, nekoliko tisuća godina poslije, posjedujemo golemu količinu znanja o zvijezdama - njihovim svojstvima, kako nastaju, kako nestaju... U poglavlju koje je pred nama zaviriti ćemo u svijet zvijezda te otkriti sve ono što je oduvijek zanimalo naše pretke.

Iako smo zvijezde naveli kao malene svjetlucave objekte, realnost je drugačija. Zvijezde su zapravo masivni objekti, a da bi stekli dojam koliko možemo promotriti Sliku 4.15.



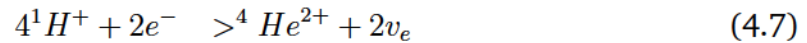
Slika 4.15: Usporedba Sunca i planeta Sunčevog sustava [33]

Sunce, naša najpoznatija zvijezda, je uistinu golema u usporedbi s ostalim planetima Sunčevog sustava. Razlog zašto se Sunce i ostale zvijezde doimaju malenima je zato što se nalaze jako daleko od našeg planeta. Ovdje govorimo o udaljenosti u svjetlosnim godinama - putu koji svjetlost prevali u godini dana, a znamo kako je svjetlost najbrža stvar u svemiru.

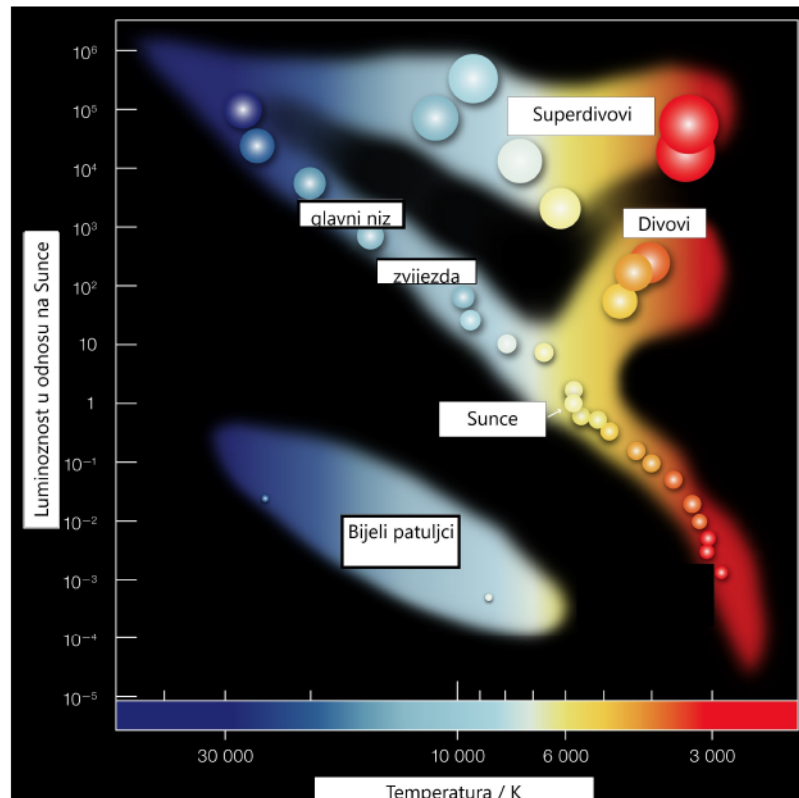
Grana fizike koja se bavi proučavanjem nebeskih tijela, između ostalog i zvijezda, naziva se astronomija. Ona se smatra jednom od najstarijih znanosti, može se slobodno kazati kako postoji oduvijek obzirom da su se nebeska tijela proučavala otkad je čovjeka. Da bismo razumjeli kako funkcionira zvijezda, najprije moramo naučiti kako uopće zvijezda i nastaje.

U prostoru između zvijezda postoje mjesta na kojima se nalazi mnoštvo tzv. molekularne prašine. Molekularna prašina sastoji se od raznih atoma, ponajviše vodika, a između ostalih postoje i molekule vode i druge slične molekule. Molekularna prašina formira molekularne oblake, masivne nakupine plina i molekula. Ti oblaci mogu biti od sto do tisuću puta masivniji od Sunca! [16]. Atomi i ostale tvari koje se nalaze u molekularnim oblacima nisu statični već naprotiv, konstantno se gibaju i to u svim smjerovima. To će dovesti do toga da će se na nekim mjestima pojaviti goleme nakupine prašine i na tim mjestima će se prašina početi urušavati pod vlastitom težinom - gravitacijska sila će biti toliko jaka da će početi privlačiti sve oko sebe. Kako centar gdje se nakupljaju tvari postaje sve gušći i gušći, tako raste i temperatura. U isto vrijeme oko centra će se početi formirati disk koji će se zbog zakona sačuvanja kutne količine gibanja krenuti sve brže i brže rotirati pritom privlačeći plin oko sebe i hraneći tako centar zvijezde u nastajanju. Ovaj proces traje godinama, ovdje govorimo o vremenu od otprilike 50 tisuća godina [16]. Zvuči kao ogromna količina vremena, no ona je zapravo zanemariva u usporedbi s činjenicom da zvijezda živi nekoliko milijardi godina - uzmimo u obzir naše Sunce koje postoji već preko 4,5 milijardi godina i postojat će još oko 5.5 milijardi godina. Rotirajući disk koji rotira oko centra zvijezde neće zauvijek to raditi. Jednom kada temperatura unutar centra postane dovoljna visoka (govorimo o temperaturi od oko 15 milijuna celzija) doći će do pojave nuklearnih reakcija - atomi vodika će se spajati u atome helija i pritom će se oslobađati golema količina energije [17]. Jezgra vodika spojit će se s drugom jezgrom vodika tvoreći deuterij. Deuterij je izotop vodika s masenim brojem dva. Sada će se deuterij i vodik moći međusobno spojiti tvoreći ili tricij (izotop vodika s masenim brojem tri) ili izotop helija  $^3\text{He}$  - taj je proces mnogo vjerojatniji. Nakon toga se najčešće dva  $^3\text{He}$  spajaju dajući  $^4\text{He}$  i dva  $^1\text{H}$  [27]. Ovaj proces nazivamo p -

p (proton - proton) lancem i možemo ga sumirati kao:



pri čemu je  $\nu_e$  elektronski neutrino. Energija koja se ovim procesom oslobađa je 26.73 MeV [27]. Disk koji je do tada rotirao oko centra počinje se polako odvajati i zvijezda počinje živjeti. [17] Ostaci oko zvijezde ne apsorbiraju se dalje u zvijezdu već se kreću oko nje formirajući meteore, asteroide, planete... Konkretno rečeno, Zemlja i ostali planeti Sunčevog sustava formirali su se upravo od ostataka koji su ostali prilikom stvaranja Sunca. To je jedan od razloga zašto se svi planeti kreću u istoj ravnini oko Sunca [16]. Evolucija zvijezda slikovito se može prikazati Hertzsprung-Russellovim dijagramom (Slika 4.16).



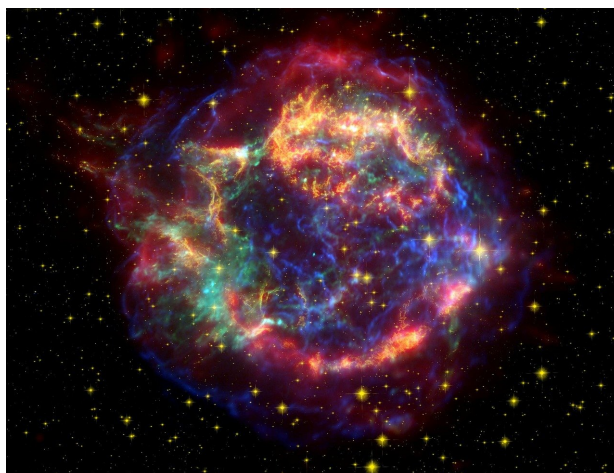
Slika 4.16: Hertzsprung-Russellov dijagram (prerađeno prema [34])

Hertzsprung-Russellov dijagram prikazuje ovisnost luminoznosti zvijezda o temperaturi. Luminoznost zvijezde definiramo kao energiju koju zrači u jedinici vremena. Na Slici 4.16 luminoznost je prikazana u odnosu na Sunce. Ovaj dijagram izuzetno je koristan jer se može prema položaju zvijezde na dijagramu odrediti njena unutrašnja struktura i koliko je stara zvijezda. Sunce će provesti najveći dio svojeg života u glav-

nom nizu (oko 10 milijardi godina) nakon čega će prijeći u crvenog diva, a zatim u bijelog patljuka [17].

Sada kada smo vidjeli kako nastaje zvijezda, sljedeće čime ćemo se pozabaviti jest što se dešava kada zvijezda počinje "umirati". Zvijezda cijelo vrijeme plin oko sebe privlači gravitacijskom silom, a da se ne uruši sama u sebe za to se brine energija koja se oslobađa prilikom sinteze vodika u helij i tlak zračenja koje zvijezda emitira. Sve dokle postoji dovoljno vodika za sintezu u helij, zvijezda se neće urušiti. Kada ponestane dovoljno vodika i zvijezda se krene urušavati sama u sebe, tada su mogući razni događaji, koje ćemo razmotriti. Vrijeme života ovisi o masi zvijezde - što je ona masivnija imat će kraći život. Isto tako, masa zvijezde određuje što će se s njome desiti u trenutku kada nema više dovoljno vodika za fuziju u helij.

Jako masivne zvijezde (mase barem 8 puta veće od mase Sunca) prilikom umiranja prolaze fazu koja se naziva supernova (Slika 4.17). U jako masivnim zvijezdama u konačnici dolazi do fuzije elemenata u željezo i stvaranja željezne jezgre zvijezde, a kad više nema materijala za nuklearne reakcije dolazi do brzog urušavanja i eksplozije zvijezde. Ovdje je važno napomenuti i da se prilikom eksplozije supernove stvaraju elementi teži od željeza koji se raspršuju svemirom.



Slika 4.17: Supernova [35]



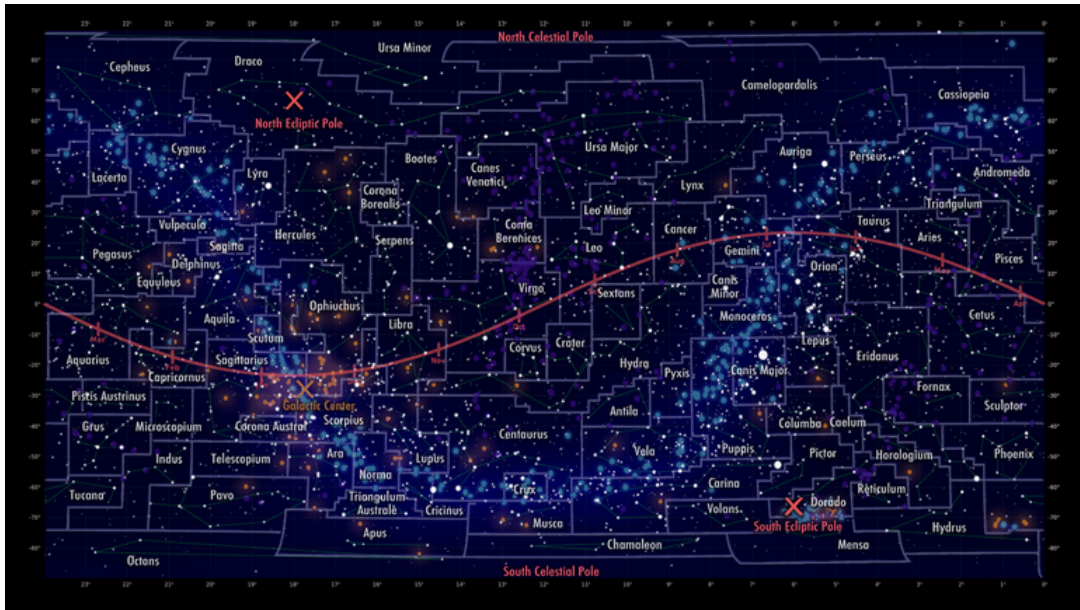
Mogući ostatak zvijezde nakon eksplozije supernove je brzorotirajuća neutronska zvijezda ili kod najmasivnijih zvijezda crna rupa. (Slika 4.18).



Slika 4.18: Crna rupa [36]

Izuzev elemenata koji se raspršuju svemirom iza zvijezde ostaje jezgra koja se kreće u sebi formirajući tako crnu rupu. Crnu rupu zapravo i ne možemo vidjeti golim okom obzirom da ne emitira svjetlost. Fotografija crne rupe (Slika 4.18) zapravo je kompjuterizirana slika nastala sakupljanjem podataka od nekolicine teleskopa postavljenih diljem planeta Zemlje. Crna rupa koja se ne vidi nalazi se u centru, a oko nje nalazi se užareni plin koji emitira svjetlost. Zapravo ništa ne može pobjeći crnoj rupi jer je gravitacijska sila toliko jaka da privlači sve što se nađe unutar horizonta crne rupe [24].

Za kraj, nakon što smo prošli kroz proces nastajanja i raspadanja zvijezda, promotrit ćemo neke od poznatih skupina zvijezda koje možemo opservirati na noćnome nebu (Slika 4.19). Skupine zvijezda nazivamo zviježđa. Zviježđa imaju latinske nazive jer su ih uočili stari Grci i imenovali ih po životinjama ili predmetima na koje nalikuju. Povijesno su od ogromnog značaja jer su se ljudi po njima orijentirali te su primjerice znali kada je vrijeme za sadnju, žetvu ili neki drugi događaj. Obzirom da se Zemlja okreće oko svoje osi, nije moguće uvijek uočiti sva zviježđa. Isto tako, ponekad ne možemo vidjeti zvijezde na nebu jer se nalazimo u preosvijetljenom mjestu - iz tog razloga je noćno nebo puno više prekriveno zvijezdama u mjestima gdje nema toliko osvijetljenja.



Slika 4.19: Poznata zvijezda [37]

#### 4.2.2 Zvijezde u nastavi fizike

Astronomija je grana fizike koja je izuzetno privlačna i zanimljiva, ali se rijetko spominje u školi, više kao izborna tema. U kurikulumu fizike srednje škole kao izborna tema na kraju četvrtog razreda gimnazije navedena je nastavna jedinica evolucija zvijezda. Navedenu izbornu temu podijelio bih na dva sata. Na jednom satu govorili bismo o tome kako se čovjek počeo baviti zvijezdama na način da bih krenuo bih sa pričom o starim Grcima i narodima prije njih i odakle je počela znatiželja za proučavanjem zvijezda, te kako su si oni protumačili zvijezde i ostala nebeska tijela. Zatim bih prikazao par fotografija na kojima se nalaze poznata zvijezda (Slika 4.19) te govorio o njihovom značaju. Središnji dio sata posvetio bih proučavanju procesa nastanka zvijezda, a završni dio sata posvetio bih gledanju kratkih filmića koji nam slikovito dočaravaju nastanak zvijezda. Drugi sat o evoluciji zvijezda posvetio bih proučavanju što se dešava sa zvijezdama kada više nemaju dovoljno energije da se održavaju na životu. Ovdje možemo govoriti o tome što to zapravo znači da zvijezda više ne stvara dovoljno energije te što će se tada desiti s njome - razmotrit ćemo slučajeve poput supernove i crne rupe. Naglasak bi bio na vizualnom utisku stoga bih u oba sata koristio izrazito puno slika jer smatram kako bi to izuzetno privuklo pažnju učenika.

### 4.2.3 Grmljavina

Svi smo se mi puno puta tijekom svojeg života susreli sa zvukom grmljavine. To je izuzetno glasan i neugodan zvuk koji kod mnogih ljudi izaziva nelagodu, pa čak i strah. U ovome potpoglavlju upoznat ćemo se s načinom na koji nastaje grmljavina, odnosno što uzrokuje njen zvuk. Prvo ćemo razjasniti razliku između grmljavine i munje. Grmljavinom nazivamo zvuk koji čujemo, dok je munja ono što vidimo na nebu (Slika 4.20).



Slika 4.20: Munja [38]

Obično najprije vidimo munju, a zatim čujemo zvuk grmljavine. Zašto je tome tako? Odgovor leži u sljedećem: poznata je činjenica kako je brzina zvuka u zraku otprilike 343 m/s. S druge strane, brzina svjetlosti je oko  $3 \cdot 10^8$  m/s. Kada to stavimo u omjer, dobivamo kako se svjetlost širi otprilike 875 000 puta brže od zvuka. Stoga ćemo uvijek najprije vidjeti munju, a nedugo nakon toga čuti grmljavinu, a ovisno o tome koliki je vremenski razmak među njima možemo zaključiti koliko blizu ili daleko se dotični događaj i desio. Ako je brzina zvuka 340 m/s, to znači da svake sekunde zvuk prođe 340 metara, pa tako brojeći sekunde od pojave munje do pojave grmljavine možemo otprilike odrediti koliko daleko od nas se pojavila munja.

Upravo je munja zaslužna za stvaranje grmljavine, ti su događaji usko povezani. Stoga kako bismo razumjeli grmljavinu, najprije moramo razumjeti munju. Munja je jedna vrsta električne struje. To se ispočetka nije znalo, a prvi koji je to dokazao sredinom 18.tog stoljeća je Benjamin Franklin sa svojim zmajem s kojim je izvodio eksperimente tijekom nevremena [8]. Kako bi dokazao električna svojstva munje konstruirao je zmaja na čiji je vrh pričvrstio žicu koja ima ulogu gromobrana. Na dno zmaja pričvrstio je konopljinu vrpca, a na nju svilenu iz razloga što konoplja kada se namoči provodi električnu struju, a svilena vrpca koju je Benjamin Franklin držao suhom neće [25]. Na konopljinu vrpca stavio je ključ te je pustio zmaja u zrak. Nakon nekog vremena primijetio je da su se pojedini konci na konopljinoj vrpici uspravili stoga je odlučio približiti prst prema ključu i osjetio je iskru - negativan naboj u ključu se izbio kroz njegovu ruku! Ovime pokusom Benjamin Franklin otklonio je mnoge mitove o munji koji su do tada postojali.

Da bi nastala munja potreban nam je topao i hladan zrak u oblacima. Hladan zrak sadrži ledene kristaliće dok topao zrak sadrži kapljice vode i kada se takva dva oblaka udruže dolazi do sudaranja između kristalića i kapljica što uzrokuje statički elektricitet u oblacima i nastanak grmljavinskih oblaka [9]. Konkretno oblak će se polarizirati - u donjem dijelu nalaziti će se negativni naboj, a u gornjem dijelu pozitivni naboj. U normalnim uvjetima zrak koji se nalazi između oblaka i zemlje je izolator, možemo to nazvati kondenzatorom čije su ploče grmljavinski oblak i zemlja dok je zrak između njih izolator. Zbog toga što se gomila statički elektricitet u oblaku stvara se električno polje koje je toliko jako da može ionizirati zrak, odnosno okolni zrak postaje vodič [26]. Činjenica da je okolni zrak postao vodičem omogućit će kretanje elektrona s donjeg dijela oblaka kroz zrak prema zemlji čime će se formirati vodilica. Vodilicom nazivamo putanju po kojoj će kasnije putovati munja. Elektroni koji putuju prema tlu potiskuju negativan naboj u zemlji prema dolje dok privlače pozitivan naboj koji putuje prema negativnom naboju (tok pozitivnih naboja koji putuje prema gore nazivamo hvataljka). Kada se vodilica i hvataljka susretnu doći će do obilnog električnog pražnjenja (često i višestrukog) koji obično putuje od oblaka prema tlu - pojavila se munja. Ovakvo električno pražnjenje moguće je i između oblaka. Tijekom pojave munje milijarde trilijuna elektrona kretat će se brzinama od oko 80 milijuna m/s vršivši udare koje nazivamo munjom koji traju djelić sekunde (od 0.1 do 0.5

sekundi) [26]. Kućanstva se od udara munje štite gromobranom - metalnim štapom sa žicom koja odvodi električni naboj u zemlju (uzemljuju ga).

Sada dolazimo do teme ovog poglavlja. Prilikom pojave munje, zrak se zagrije na izuzetno visoku temperaturu (oko 27 tisuća stupnjeva Celzijusa [10]) čime se ujedno i tlak zraka poveća do stotinjak puta [10]. Upravo će taj visok tlak zraka uzrokovati udarni val, a to je onaj bučan i neugodan zvuk koji nazivamo grmljavina. Naime, taj zrak na visokoj temperaturi će eksplodirati te će se krenuti širiti i komprimirati okolni zrak čime će mu pasti temperatura i tlak će se smanjiti.

#### 4.2.4 Grmljavina u nastavi fizike

Pojam munje i grmljavine mogli bismo uklopiti u nastavu fizike kada govorimo o statičkom elektricitetu, preraspodjeli naboja, kondenzatorima i o brzini zvuka i svjetlosti. U okviru osnovne škole grmljavinu i munju možemo spomenuti u nastavnoj jedinici zvuk koja se obrađuje krajem osmog razreda. Na kraju nastavne jedinice kada govorimo o različitim brzinama zvuka mogli bismo spomenuti kako se svjetlost širi  $\cdot$  m/S, a zvuk 340 m/s kroz zrak te zatim diskutirati zašto najprije opažamo munju, a onda tek čujemo grmljavinu.

U srednjoj školi možemo upotrijebiti koncept nastanka munje kada govorimo o kondenzatorima - uređajima koji imaju sposobnost skladištenja električnog naboja. Nastavna jedinica kapacitet i kondenzator gradivo je drugog razreda srednje škole. Pojam kondenzatora i kapaciteta uvodi se izvođenjem pokusa s metalnim kuglama i elektroskopom gdje se pokazuje kako je električni kapacitet konstanta proporcionalnosti između naboja i napona koji se dovodi na kugle. Nakon toga prelazimo na vrste kondenzatora gdje se između ostalog dotičemo i pločastog kondenzatora. Ovdje sada možemo uklopiti munju u nastavnu jedinicu. Nakon što uvedemo pojam pločastog kondenzatora te o čemu sve ovisi kapacitet pločastog kondenzatora možemo diskutirati o procesu nastanka munje na način da učenici shvate kako se oblak i tlo ponašaju kao dvije ploče kondenzatora dok je okolni zrak između njih izolator koji pod utjecajem jakog električnog polja može voditi naboj (elektroni se spuštaju s oblaka privlačeći pozitivan naboj s tla).

#### 4.2.5 Duga

Poznata uzrečica u narodu glasi: Poslije kiše dolazi sunce. Ponekad, to nije jedino što se može pojaviti. Pod točno određenim uvjetima, o kojima ćemo diskutirati u ovom potpoglavlju, može doći do fenomena kojeg nazivamo duga. Duga (Slika 4.21) se formira kada se zrake svjetlosti lome i reflektiraju u kapljicama kiše te dolaze u naše oči [4].



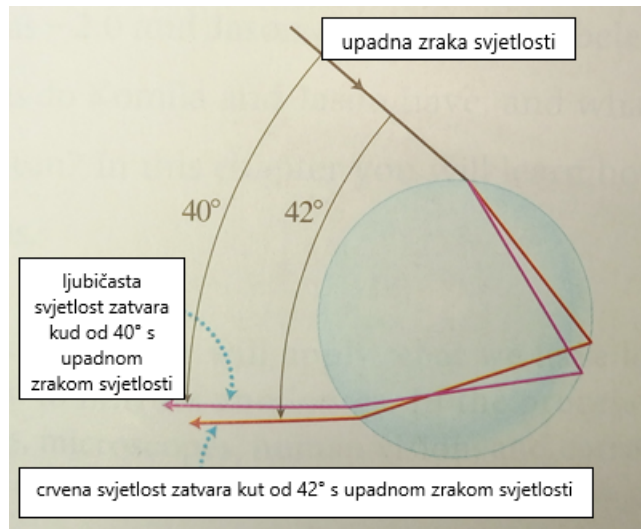
Slika 4.21: Duga [39]

Kako bi se duga pojavila na nebu, potrebno je zadovoljiti dva uvjeta:

1. Sunce mora biti iz promatrača.
2. Ispred promatrača moraju se nalaziti ili kapljice kiše ili magla ili neki drugi izvor kapljica vode.

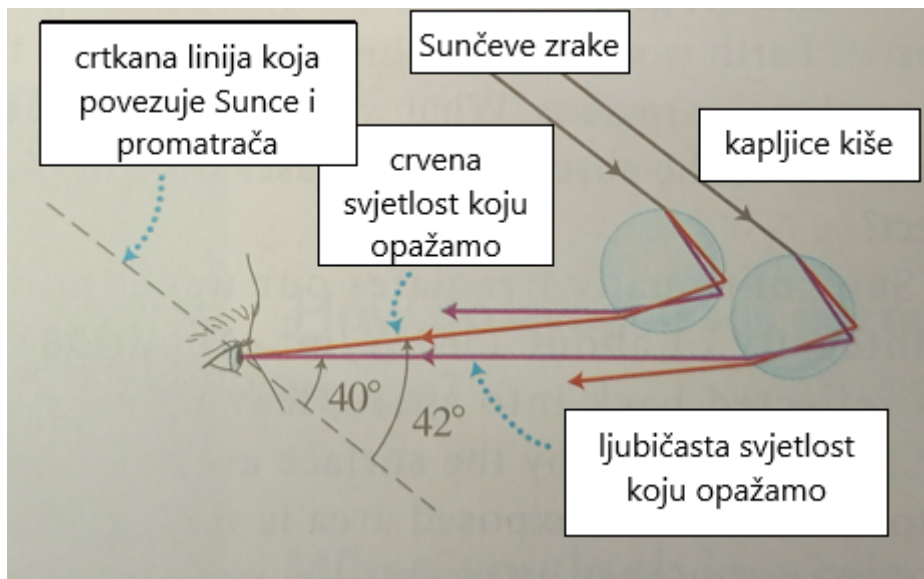
Pogledajmo sada što se dešava kada zrake Sunca upadaju na kapljicu vode. Česta je miskoncepcija da kapljica kiše ima oblik kruške. U stvarnosti, većina kapljica zapravo ima sferičan oblik (Slika 4.22). Zraka svjetlosti upada na kapljicu. Dio te svjetlosti će se reflektirati, a dio će se lomiti. Nas ne interesira dio koji se reflektira, već dio koji se lomi. Do loma dolazi iz razloga što voda i zrak imaju drugačije indekse loma. Indeks loma je fizikalna veličina koja određuje zakretanje zrake svjetlosti kada ona prelazi iz jednog sredstva u drugo (u našem slučaju iz zraka u vodu).





Slika 4.22: Nastanak duge (prerađeno prema [4])

Vidimo kako se prvi lom dešava prema okomici na površinu kapljice vode na mjestu gdje zraka upada. Razlog tome leži u činjenici da voda ima veći indeks loma od zraka stoga se lom dešava prema okomici. Zraka svjetlosti se zatim dijelom reflektira od stražnje strane kapljice vode i dolazi na granicu vode i zraka. Ovdje se ponovo dešava lom, no ovaj puta od okomice iz razloga što sada zraka svjetlosti prelazi iz sredstva većeg indeksa loma u sredstvo manjeg indeks loma. Ovdje je važno primijetiti još jednu stvar. Bijela svjetlost se sastoji od puno raznih boja, a pojavu razlaganja bijele svjetlosti na komponente nazivamo disperzijom svjetlosti. Svaka boja ima svoju valnu duljinu, što povlači kako će se svaka boja lomiti pod drugačijim kutem. Indeks loma je veći za manju valnu duljinu i obratno. Činjenica da se svaka boja lomi pod drugačijim kutem znači da nećemo vidjeti dugu samo iz jedne kapljice već ćemo uglavnom vidjeti samo jednu boju iz svake kapljice (Slika 4.23) [4]. Obzirom da se crvena boja lomi pod većim kutem od ljubičaste da bismo je opazili kapljica vode zbog koje ćemo opaziti crvenu boju mora biti iznad kapljice vode zbog koje ćemo opaziti ljubičastu boju [4]. Ostale boje izlaze pod kutevima između 40 i 42 te i za njih vrijedi isti gore navedeni princip. Kada spominjemo kuteve pritom mislimo na kut koji upadna zraka svjetlosti zatvara s izlaznom zrakom svjetlosti (Slika 4.22). Zakrivljenost duge posljedica je toga što se sve kapljice vode od kojih dolazi svjetlost prema opažaču nalaze na obodu stošca čiji je vrh u oku opažača.



Slika 4.23: Kako opažamo dugu (prerađeno prema [4])

Jedan još rjeđi fenomen koji se može ostvariti naziva se dvostruka duga (Slika 4.24).

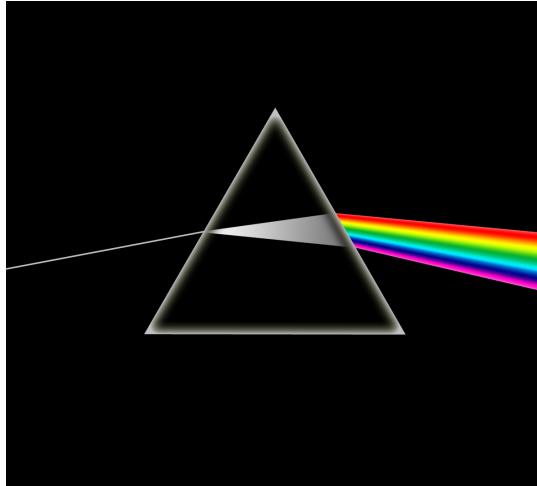


Slika 4.24: Dvostruka duga [40]

Do dvostruke duge dolazi kada se zraka svjetlosti u kapljici vode reflektira 2 puta prije nego što se lomi van iz nje. I kao što možemo primijetiti na Slici 4.24, druga duga ima obrnuti redoslijed boja (najgornja je ljubičasta, a najdonja crvena) u odnosu na prvu dugu.

#### 4.2.6 Duga u nastavi fizike

Duga je jako interesantan fenomen koji uvijek plijeni pažnju, ali da bi se potpuno razumjelo kako ona nastaje, potrebno je dobro vladati konceptima poput loma, refleksije i disperzije. Isto tako valja poznavati fundamentalnu činjenicu kako se svjetlost razlaže na komponente. Koncept duge mogli bismo implementirati u gradivo osnovne škole pomoću istraživačkog pokusa. Svjetlost je nastavna cjelina koja se obrađuje na kraju osmoga razreda - govori se o njenom rasprostiranju, te kako se svjetlost odbija i lomi kada nailazi na granicu između dva optička sredstva. Isto tako uvodi se koncept da se bijela svjetlost razlaže na komponente (na staklenoj prizmi, što bi poslužilo kao opservacijski pokus (Slika 4.25)). Sat bismo oblikovali na sljedeći način - kao uvodno pitanje učenike bismo upitali jesu li se ikad susreli s dugom i mogu li je opisati. Ciljamo da nam učenici kažu kako je duga polukružni skup boja koji ponekad vidimo u prirodi (slobodno ih možemo i ispitati koje su to sve boje koje se vide na dugi). U središnjem dijelu sata bavili bismo se istraživačkim pitanjem koje glasi kako nastaje duga. Formiranje duge bismo prikazali i istražili pokusom. Za pokus su nam potrebni sljedeći predmeti: čaša, ogledalo voda i svjetiljka ili neki drugi izvor bijele svjetlosti. U čašu ćemo naliti vodu i u vodu staviti ogledalo pod određenim kutem. Zatim ćemo svjetiljkom obasjavati ogledalo kroz čašu te ćemo podešavati kut pod kojim se nalazi ogledalo u čaši sve dok negdje na zidu ne opazimo spektar boja. Ovo je gotovo identičan slijed okolnosti koji u stvarnosti dovodi do pojavljivanja duge. Svjetlost ulazi u kapljicu (čaša u našem slučaju) pri čemu se lomi i razlaže na boje i zatim se reflektira od stražnjeg dijela kapljice (ogledalo u našem slučaju) te izlazi iz kapljice (čaša) i opažamo ju negdje na nebu (zid u našem slučaju). Ovime pokusom zapravo smo pokazali fenomen kako se bijela svjetlost razlaže na pojedine komponente u kontekstu fenomena duge.



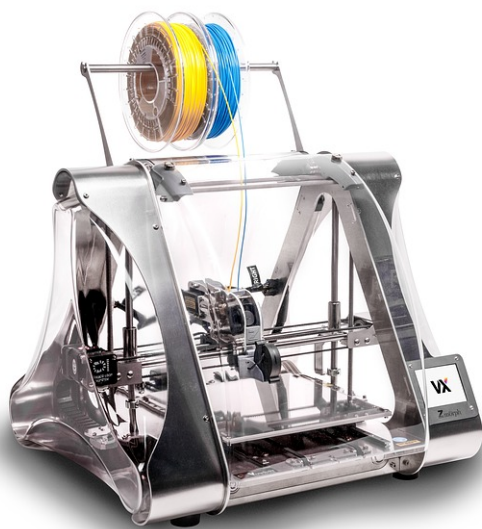
Slika 4.25: Razlaganje bijele svjetlosti na komponente [41]

Sat zaključujemo konceptualnim pitanjima ili možemo dati učenicima da oni pokušaju sami napraviti dugu. Ovakav sat mogli bismo izvesti i u srednjoj školi u nastavnoj jedinici razlaganje svjetlosti, ali bismo ga obogatili kvantitativnim razmatranjem loma i refleksije svjetlosti koja dovodi do formiranja duge.

## 4.3 Fizika moderne tehnologije

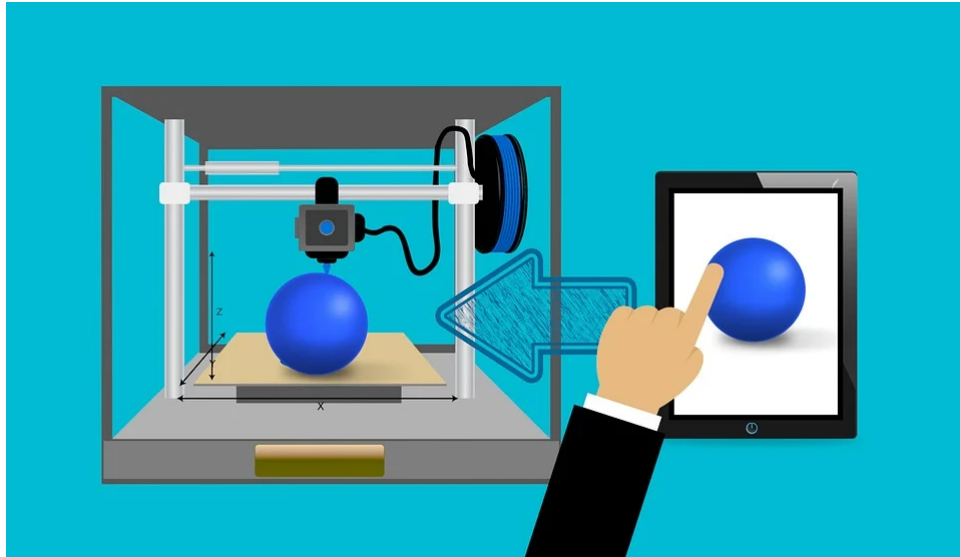
### 4.3.1 3D printer

Prva tema iz fizike moderne tehnologije je 3D printer. 3D printer je značajno tehnološko dostignuće obzirom da nam primjerice omogućava stvoriti makete kuća, naselja i slično ili modele automobila, aviona itd. za koje bismo inače potrošili puno više novaca kada bi se ručno izrađivali, a pritom smo uštedili i podosta vremena jer je 3D kudikamo brži. Zamislite koliko bi samo vremena i novaca uložili kada biste izrađivali maketu katedrale u Zagrebu ili model putničkog aviona koristeći drvo, plastiku i ostale materijale, a sa 3D printerom stvar je gotova desetak puta brže. Mogućnosti je zapravo na pretek - u posljednje vrijeme počelo se i eksperimentirati s 3D printerom pri izradi dijelova tijela u vidu prostetskih pomagala. Zanimljiva je činjenica kako obično kada čujemo za 3D printer pomislimo na modernu tehnologiju koja se pojavila tek prije nekoliko godina, ali prvi patent napravljen pomoću 3D printera izrađen je 1986., a napravio ga je Charles Hull [11]. Bilo je potrebno mnogo godina kako bi se uistinu shvatio potencijal koji 3D printanje posjeduje. Primjer jednog modernog 3D printera možemo vidjeti na Slici 4.26



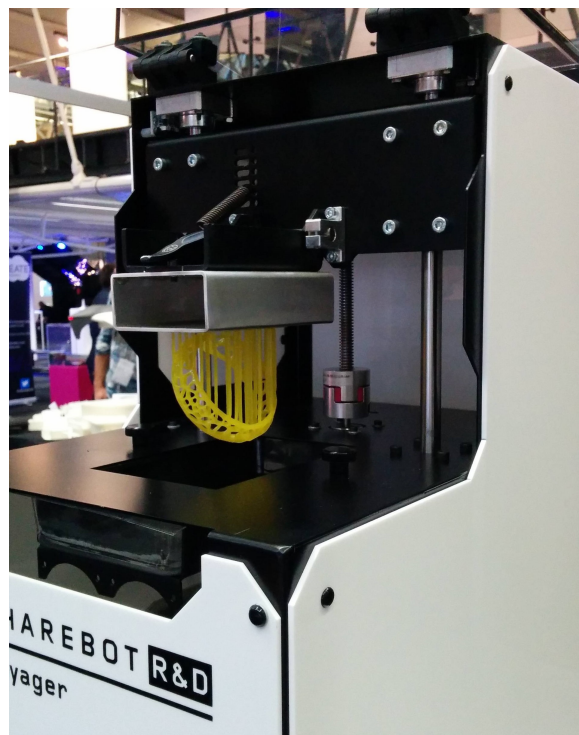
Slika 4.26: 3D printer [42]

Za razliku od običnog printera, 3D printer najčešće koristi plastiku (mogu se koristiti i metalne ili drvene niti [12]) kako bismo isprintali ono što želimo (4.27). Na računalu moramo odabrati digitalnu datoteku koja reprezentira 3D model predmeta kojeg želimo isprintati. Proces kojim se stvara 3D objekt naziva se računalno potpomognuti dizajn (computer-aided design, odnosno CAD na engleskom) [12]. Nakon što software stvori 3D objekt on ga mora "razrezati" na jako puno malih 2D slojeva. Signal tada s računala putuje do 3D printera i proces printanja može krenuti. Ovdje ćemo spomenuti dvije najpoznatije vrste 3D printera, a to su FDM (Fused Deposition Modelling, odnosno modeliranje procesom taljenja) i SLA (Stereolithography; stereolitografija). Materijal koji FDM 3D printer koristi se tali (prelazi iz čvrstog u tekuće stanje) i pišač u jednom ciklusu oblikuje 2D sloj u x, y ravnini koji se zatim suši (odnosno rastopljena plastika natrag prijelazi iz tekućeg u čvrsto stanje). Nakon toga pišač se podiže po z ravnini (Slika 4.27) i ponavlja proces kada se materijal osušio. Stvar se ponavlja sve dok nemamo gotov 3D proizvod. Ovakva vrsta 3D printera daje proizvod koji nije visoke kvalitete stoga je njegova upotreba uglavnom pri izradi maketa.



Slika 4.27: Shema rada FDM 3D printera [43]

Puno sofisticiranija vrsta 3D printera je SLA 3D printer (Slika 4.28). Proces printanja kojim se SLA printer koristi bazira se na primjeni svjetlosti na smolu. Naime, SLA 3D printeri koriste materijal osjetljiv na svjetlost koji se naziva smola i koji kada se izloži svjetlosti određene valne duljine reagira na način da polimerizira monomere u učvršćene i krute oblike [19]. Kao izvor svjetlosti koristi se laser kojim se obasjava zrcalo i od kojeg se laserska svjetlost reflektira te upada na platformu na kojoj se nalazi smola. Ovdje sada na scenu stupa software koji upravlja laserom i na točno određen način obasjava smolu koja se polimerizira tvoreći predmet koji želimo izraditi. Prednost SLA 3D printera u odnosu na FDM 3D printer leži u činjenici da je prvotni mnogo precizniji i proizvod je vodonepropusan te izotropan. Obzirom na visoku preciznost, SLA printer puno je pogodniji za izradu sitnih dijelova.



Slika 4.28: SLA printer [44]

Na početku poglavlja spomenuli smo svrhu korištenja 3D printera. Ispočetka se 3D printer koristio za izradu nekih jednostavnih predmeta. Kasnije, kako je vrijeme odmicalo i počeo se prepoznavati potencijal 3D printera te krenula su razna eksperimentiranja. Danas s 3D printerom možemo primjerice proizvesti hranu koristeći pasirane sastojke kao "tintu" za crtanje (Slika 4.29) [12]. Ali tu nije kraj, uspješno se danas proizvode i kuće i to za manje od 24 sata! (Slika 4.30).



Slika 4.29: Čokolada proizvedena 3D printerom [45]

Slika 4.30: Kuća proizvedena 3D printerom [46]

Posljednje studije pokazale su mogućnost korištenja 3D printera za izradu organa čime bi se smanjila dugotrajna čekanja na transplataciju što bi bio povijesni uspjeh medicine.



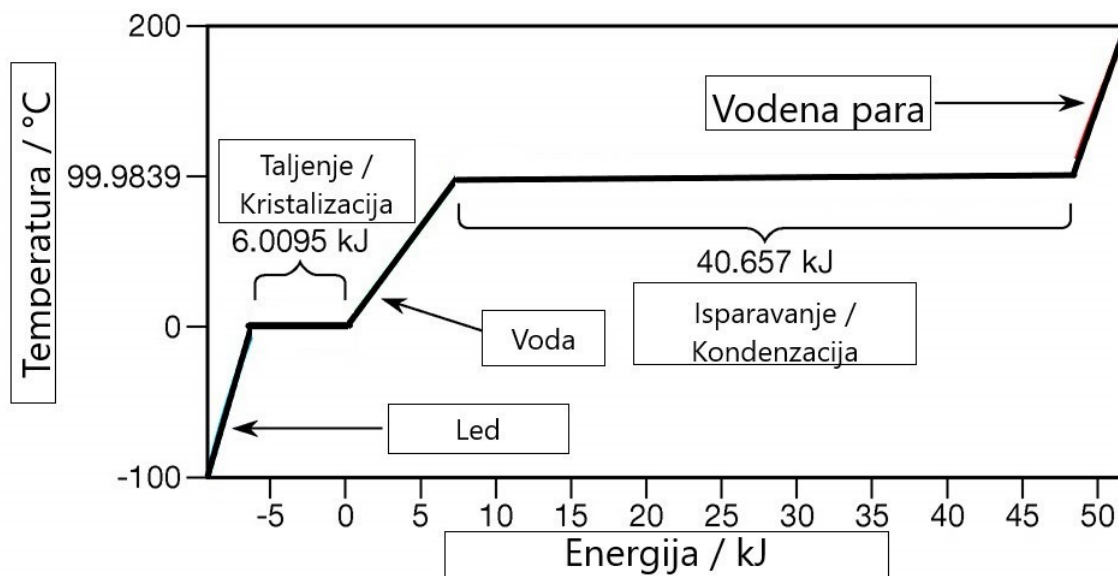
### 4.3.2 3D printer u nastavi fizike

Iako smo naveli i vidjeli koje su sve mogućnosti kada je u pitanju 3D printer, njegova primjena u nastavi fizike je siromašna. Glavninu toga kako funkcionira 3D printer zapravo objašnjava informatika obzirom da sav rad rade softveri dizajnirani upravo za te stvari. Mogli bismo navesti 3D printer kao primjer jednog od dostignuća tehnologije 21. stoljeća na području građevine ili medicine. U okvirima gradiva fizike teško je naći konkretnu primjenu. Jedna od opcija koja se nameće je navesti i prokomentirati 3D printer kao jedan od uređaja kojemu je potrebna latentna toplina kako bi funkcionirao. Upravo je potrebno uložiti latentnu toplinu kako bi traka prešla iz krutog u tekuće stanje prilikom oblikovanja predmeta kojeg želimo izraditi koristeći 3D printer. Latentna toplina obrađuje se u drugome razredu srednje škole u okviru gradiva iz termodinamike, spada pod nastavnu jedinicu agregacijska stanja. Običaj je uvesti pojam latentne topline koristeći vodu kao primjer stoga bismo mogli oblikovati nastavni sat na način da ga započnemo uvodnim pitanjem koje glasi: U kojim se sve agregacijskim stanjima može nalaziti tvar u prirodi? Konkretno očekujemo da učenici kažu u čvrstome, tekućem i plinovitom, a možda nekome padne na pamet da se može nalaziti i u obliku plazme.

Središnji dio sata posvetili bismo dvama istraživačkim pitanjima od kojih je prvo koji sve prijelazi postoje između agregacijskih stanja, a drugo kako temperatura ovisi o dovedenoj toplini. Sve ovo bismo temeljili na primjeru vode, pa će nam tako graf na Slici 4.31 poslužiti pri uvođenju pojma latentne topline kao topline koju je potrebno dovesti ili odvesti da bi se dogodio određeni prijelaz između agregacijskih stanja. Formula po kojoj računamo latentnu toplinu glasi:

$$t/i \quad t/i \quad (4.8)$$

pri čemu indeks  $t$  označava taljenje, a indeks  $i$  isparavanje dok je  $m$  masa leda ili vode ovisno o kojoj latentnoj toplini govorimo.  $L$  označava specifičnu latentnu toplinu - energiju potrebnu da masa jednog kg neke tvari napravi fazni prijelaz pri stalnome tlaku i temperaturi.



Slika 4.31: Dijagram ovisnosti temperature o energiji na primjeru jednog mola vode (prerađeno prema [47])

Kao što možemo primijetiti na Slici 4.31, kada led prelazi u vodu, odnosno kada voda prelazi u vodenu paru, to se ne odvija odmah već nakon što se dovede određena količina energije. Tu energiju nazivamo latentnom toplinom taljenja i latentnom toplinom isparavanja. Veoma je važno da učenici shvate taj koncept. On se može i pokazati na jednostavnom primjeru - uzmemo komad leda i krenemo ga taliti. Uvidjet ćemo kako se led neće sav odmah otopiti već dio po dio. Isto tako učenike možemo podsjetiti na situaciju kada oni ili njihovi roditelji kuhaju pa stave u lonac vodu i čekaju da ona zavrije. Voda se na temperaturi od 100 °C neće odmah sva pretvoriti u vodenu paru već će se to događati postepeno.

U završnome dijelu sata postavili bismo učenicima par konceptualnih pitanja na temu obrađenog gradiva. Ovdje se sada možemo dotaknuti i primjera 3D printera kao uređaja koji koristi latentnu toplinu kako bi izradio proizvod koji želimo. Navest ćemo da se takva vrsta 3D printera naziva SLA 3D printer te ćemo uz fotografije samog printera učenicima pokazati kako on funkcionira.

### 4.3.3 Električni automobil

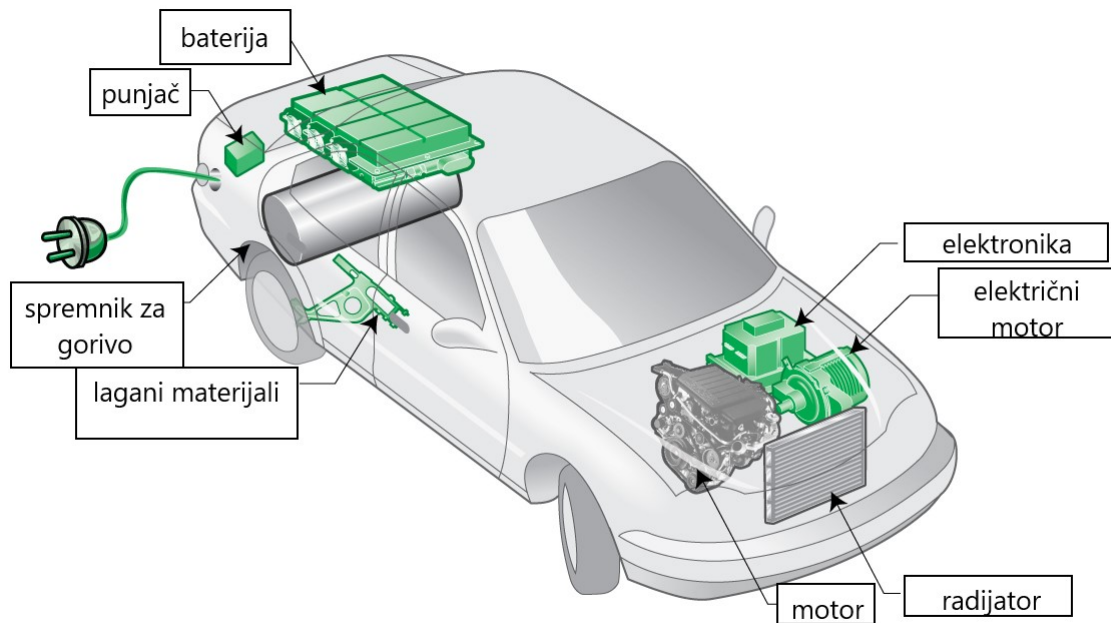
U posljednjem poglavlju fizike moderne tehnologije bavit ćemo se električnim automobilima. Glavna prednost električnog automobila je ta što gotovo da i ne zagađuje okoliš za razliku od ostalih automobila koji rade koristeći fosilno gorivo. Najpoznatiji proizvođač električnih automobila je južnoafrički izumitelj Elon Musk s proizvodom Tesla (Slika 4.32).



Slika 4.32: Primjer Tesla automobila [48]

Ovdje valja svakako istaknuti i napomenuti kako i Hrvatska ima izuzetno jakog i poznatog proizvođača električnih automobila, a njegovo ime je Mate Rimac.

Glavna razlika između običnog i električnog automobila je ta da običan automobil koristi pogon na izgaranje za pokretanje, dok električni automobil koristi energiju koja je pohranjena u baterijama. Električni automobil sastoji se od pet glavnih komponenta: utora za punjenje, baterije, električnog pogonskog sklopa, električnog vučnog motora i invertera (Slika 4.33). Na Slici 4.33 je konkretno prikazan hibridni automobil - može koristiti ili pogon na izgaranje ili energiju pohranjenu u baterijama, ali mi ćemo obratiti pozornost na potonji dio. U nastavku poglavlja objasnit ćemo kako pojedini dio funkcionira i čemu služi.



Slika 4.33: Dijelovi električnog automobila (prerađeno prema [49])

Da bi se električni automobil uopće pokrenuo potrebna mu je energija koja će pokrenuti kotače. Tu energiju dobiva u obliku električne energije koju uzima na benzinskoj postaji ili nekome drugome mjestu gdje se nalazi punjač za električni automobil, odnosno iz nekog vanjskog izvora energije. Ovisno o tipu električnog automobila, punjenje može trajati od pola sata (ako automobil ima ugrađeno tzv. brzo punjenje) do 10 sati [13]. Potpuno napunjeni automobil može otprilike prijeći od 200-400 km prije nego li se mora opet puniti.

Energija koju električni automobil uzima iz vanjskog izvora pohranjuje se u baterijama, drugoj glavnoj komponenti električnog automobila. Ta se energija kasnije koristi u različite svrhe - od pokretanja automobila do korištenja nekih drugih električnih komponenata u automobilu (svjetla, radio...). Valja napomenuti da su te baterije punjive, ali imaju svoj rok trajanja. Baterije koje se koriste u električnim automobilima nazivaju se litij-ionske baterije. Prednost litij-ionske baterije leži u činjenici da je dugog vijeka, sam litij jest lagan materijal i ima vrlo veliku gustoću energije za razliku od obične baterije [14].

Sada nakon što je električni automobil napunio baterije koristeći vanjski izvor energije, vrijeme je da tu energiju uloži u pokretanje vozila. Kako bismo uistinu razumjeli kako to električni automobil radi, najprije moramo shvatiti neke osnovne koncepte električne struje. Automobil se punjačem spaja na vanjski izvor energije, na gradsku mrežu. Gradska mreža koristi izmjeničnu struju, a to je tip struje kod koje se smjer mijenja u vremenu, dakle ona alternira u vremenu, odakle joj i naziv AC (alternating current). Baterija s druge strane radi na principu istosmjerne struje ili DC (direct current). Naboj, odnosno elektroni putuju s jednog pola baterije na njen drugi pol. Motor koji će pokrenuti električni automobil koristi izmjeničnu struju (vidjet ćemo uskoro i zašto) kako bi pokrenuo vozilo. Krenuli smo s izmjeničnom strujom i došli do istosmjerne te se opet vraćamo na izmjeničnu. To sve ne bi bilo moguće bez uređaja koji se naziva inverter i koji ima ulogu transformirati izmjeničnu struju u istosmjernu i obratno. Inverter također kontrolira frekvenciju i snagu izmjenične struje koja se šalje u motor, stoga direktno kontrolira i brzinu našeg električnog automobila [14].

Dolazimo do najbitnijeg dijela električnog automobila, a to je motor. Istosmjerna struja generirat će konstatno magnetsko polje dok će izmjenična struja također generirati magnetsko polje, no ono mijenja svoj smjer i jakost obzirom da i sama struja mijenja svoj smjer. Ta činjenica da se iskoristiti na sljedeći način: u motoru se stavi jedan set magneta koji se montira na osovinu, a drugi set magneta se stavlja u kućište oko osovine. Pažljivim mijenjanjem polariteta južnog i sjevernog pola elektromagneta, motor će iskoristiti te sile privlačenja i odbijanja koje se dešavaju (privlačenje raznoimenih polova, odnosno odbijanje istoimenih) na način da će se osovina početi okretati čime se električna energija pretvara u mehaničku, odnosno počinju se okretati kotači i vozilo je u pokretu [15]. Moguće je doduše i obrnuto - prilikom kočenja mehanička energija se pretvara u električnu - taj proces se naziva regenerativno kočenje [15].

#### 4.3.4 Električni automobil u nastavi fizike

Za razumijevanje principa rada električnog automobila potrebno je dobro vladati pojmovima struje i magnetizma, te razumjeti koje pretvorbe energije se dešavaju prilikom pokretanja takvog vozila. Mogli bismo konkretno na primjeru električnog automobila oblikovati cijeli nastavni sat. Električni automobil poslužio bi nam kao primjer pretvorbe energije, teme koja se obrađuje u sedmome razredu osnovne škole. Suština električnog automobila nalazi se u samim baterijama jer su one zaslužne za pokretanje. Sat možemo započeti uvodnim pitanjem na temu koja je razlika između modela automobila Tesla i primjerice Mercedesa. Dakako izgledom postoji mnogo razlika, no ono na što bi se mi fokusirali jest činjenica kako Mercedes ima motor na izgaranje, odnosno potrebno mu je gorivo za pokretanje, dok Tesla automobil ne zahtijeva takvo što obzirom da koristi električnu energiju. Nadalje, istraživačko pitanje sata glasilo bi kako funkcionira električni motor. Ovdje bismo najprije krenuli od činjenice odakle uopće električna energija Tesla automobilu, gdje ju on skladišti, te što radi s tom energijom. Za potrebe sata ne bismo ulazili u dubinu kako motor pokreće kotače, već bi bilo dovoljno da učenici dođu do zaključka kako se električna energija koju automobil posjeduje pretvara u kinetičku što se očituje pokretanjem kotača, odnosno vozila, ali i u toplinsku koja odlazi u okolinu. Upravo je taj koncept pretvorbe energije ono što želimo da učenici shvate. Energiju potrebnu za pokretanje kotača nam daju baterije. U završnome dijelu sata diskutirali bismo razlike pretvorbe energije kod auta koji goristi gorivo naspram električnog auta - električni auto samo 1/4 uložene energije pretvara u toplinsku dok auto koji koristi gorivo 3/4 uložene energije pretvara u toplinsku što jasno pokazuje kako je električni auto ekološki prihvativiji jer u puno manjoj mjeri zagađuje okoliš.

## 5 Zaključak

Nakon što smo prošli kroz sve odabrane teme, u mogućnosti sam konstatirati neke zanimljive opservacije koje sam uočio prilikom pisanja rada. Pogled na Sliku 3.4 govori nam kako su učenici zaista zainteresirani za nastavu fizike stoga je naš zadatak taj interes zadržati ili povećati, a to smo pokušali uvođenjem svakodnevnih predmeta i pojava u nastavu fizike. Možemo također primijetiti kako su učenici najveći interes pokazali za astronomiju i predmete 'budućnosti' (Slika 3.27 i 3.32). U kurikulumu fizike osnovne i srednje škole astronomija se uglavnom spominje kao izborna tema stoga je prostor za uklapanje u redovnu nastavu fizike malen. S druge strane vidjeli smo na primjeru 3D printera kako iako su učenici izrazito zainteresirani za njegov princip rada teško ga možemo uklopiti u nastavu fizike obzirom na njegovu vrlo oskudnu korist pri uvođenju novih koncepata. Kod aviona susreli smo se s novim problemom, a to je da je za razumijevanje principa rada aviona potrebno razumijevanje aerodinamike koja se ne spominje u osnovnoj školi, a u srednjoj školi samo u tragovima. Unatoč tome uspjeli smo savladati taj problem koristeći Newtonove zakone koji su sastavni dio gradiva srednje škole. Najmanje problema imali smo s klima uređajem obzirom da su rashladni strojevi dio kurikuluma srednje škole stoga smo tu vrlo lako mogli uklopiti njegov princip rada u nastavu fizike.

Važno je napomenuti kako smo se u diplomskom radu usredotočili na pojašnjavanje i primjenu samo najpopularnijih predmeta i pojava iz svakog pitanja u anketi (izuzev četvrtog pitanja) u nastavu fizike. To svakako ne znači da ostali navedeni predmeti i pojave nisu vrijedni spomena. Mogli smo primijetiti kako su učenici u većini pitanja pokazivali gotovo identičan interes za više stvari, no za potrebe diplomskog rada odlučili smo se uzimati samo najpopularniji čime ne isključujemo mogućnost korištenja drugih predmeta i pojava u nastavi fizike. Ovim diplomskim radom svakako smo željeli ukazati na to da bi se u nastavi fizike trebalo koristiti što je više moguće primjera iz svakodnevnog života jer učenici upravo o tome i žele učiti.

## Bibliography

- [1] Here is How Headphones Work On The Go!, (17.8.2020), Team Itechiteasy, <https://itechiteasy.com/headphones/>, 19.8.2021.
- [2] Loudspeakers, (14.7.2021.), Chris Woodford, <https://www.explainthatstuff.com/loudspeakers.html>, 19.8.2021.
- [3] Noise-cancelling headphones, (23.7.2021.), Chris Woodford, <https://www.explainthatstuff.com/noisecancellingheadphones.html>, 19.8.2021
- [4] Etkina, Eugenia; Gentile, Michael J.; van Heuvelen, Alan (2014): College physics. A la carte edition. San Francisco: Pearson Education
- [5] Bloomfield, L. A., (2008) Things that work with heat: Air conditioners. U: Johnson, S. (ur.), How everything works: making physics out of the ordinary, John Wiley and Sons, str. 250-258.
- [6] Bloomfield, L. A., (2008) Things that move with fluids: Airplanes. U: Johnson, S. (ur.), How everything works: making physics out of the ordinary, John Wiley and Sons, str. 168-190.
- [7] 1903 Wright Flyer, [https://airandspace.si.edu/collection-objects/1903-wright-flyer/nasm\\_A19610048000](https://airandspace.si.edu/collection-objects/1903-wright-flyer/nasm_A19610048000), 12.10.2021.
- [8] Wood, Gordon S. and Hornberger, Theodore. "Benjamin Franklin". Encyclopedia Britannica, 13 Apr. 2021, <https://www.britannica.com/biography/Benjamin-Franklin> 12.10.2021.
- [9] What causes lightning flash, 19.8.2004. [https://www.nasa.gov/audience/forstudents/k-4/home/F\\_What\\_Causes\\_Lightning\\_Flash.html](https://www.nasa.gov/audience/forstudents/k-4/home/F_What_Causes_Lightning_Flash.html), 12.10.2021.
- [10] What causes the sound of thunder?, <https://www.loc.gov/everyday-mysteries/meteorology-climatology/item/what-causes-the-sound-of-thunder/>, 14.10.2021.
- [11] A detailed history of 3D printing, <https://3dinsider.com/3d-printing-history/>, 14.10.2021.
- [12] Introduction to 3D Printing, <https://builtin.com/3d-printing>, 14.10.2021.



- [13] How do electric cars work, <https://www.edfenergy.com/for-home/energywise/how-do-electric-cars-work>, 21.10.2021.
- [14] How do electric cars work?, (28.7.2021.), <https://www.nissanusa.com/experience-nissan/news-and-events/how-do-electric-cars-work.html>, 21.10.2021.
- [15] Electric Cars 101: How EV Motors Work, Tech Differences, and More, <https://www.motortrend.com/features/how-electric-cars-work-ev-differences-definitions/>, 25.10.2021.
- [16] How do stars form?, (4.7.2019.), Majken Brahe Ellegaard Christensen, <https://kids.frontiersin.org/articles/10.3389/frm.2019.00092>, 27.10.2021.
- [17] Everything you wanted to know about stars, (20.3.2019.), Catherine Zuckerman, <https://www.nationalgeographic.com/science/article/stars>, 25.10.2021.
- [18] How do stars form and evolve, <https://science.nasa.gov/astrophysics/focus-areas/how-do-stars-form-and-evolve>, 27.10.2021.
- [19] Guide to Stereolithography (SLA) 3D Printing, <https://formlabs.com/blog/ultimate-guide-to-stereolithography-sla-3d-printing/>, 25.11.2021.
- [20] No One Can Explain Why Planes Stay in the Air, (2.1.2020.), Ed Regis, <https://www.scientificamerican.com/article/no-one-can-explain-why-planes-stay-in-the-air/>, 10.2.2022.
- [21] Babinsky, H. (2003) How do wings work? Phys. Educ. Dostupno na: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/38/6/001/pdf>
- [22] Ling, S.J., Sanny, J., Moebs, W. (2018), Chapter 3: The First Law of Thermodynamics: Thermodynamic Systems. U: Openstax, University Physics Volume 2, 110-112.
- [23] Ling, S.J., Sanny, J., Moebs, W. (2018), Chapter 3: The First Law of Thermodynamics: First law of Thermodynamics. U: Openstax, University Physics Volume 2, 116-122.

- [24] What Is a Black Hole? (21.8.2018.), NASA, <https://www.nasa.gov/audience/forstudents/k-4/stories/nasa-knows/what-is-a-black-hole-k4.html>, 11.2.2022.
- [25] Benjamin Franklin and the kite experiment, (12.6.2017.) Gupton, N., <https://www.fi.edu/benjamin-franklin/kite-key-experiment>, 18.2.2022.
- [26] The Physics Classroom: Static Electricity: Lighting, Henderson T. Dostupno na <https://www.physicsclassroom.com/class/estatics/Lesson-4/Lightning>, 18.2.2022.
- [27] Proton - proton chain, [https://en.wikipedia.org/wiki/Proton%E2%80%9993proton\\_chain](https://en.wikipedia.org/wiki/Proton%E2%80%9993proton_chain)
- [28] Slika preuzeta s <https://pxhere.com/en/photo/103018>
- [29] Slika preuzeta s <https://www.piqsels.com/en/public-domain-photo-zqzxi>
- [30] Slika preuzeta s <https://www.maxpixel.net/Bluetooth-Soundpeats-Headphones-3789599>
- [31] Slika preuzeta s <https://www.explainthatstuff.com/howtorepairheadphones.html>
- [32] Slika preuzeta s <https://pixabay.com/photos/airplane-flying-plane-flight-2100060/>
- [33] Slika preuzeta s [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Planets\\_and\\_sun\\_size\\_comparison.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Planets_and_sun_size_comparison.jpg)
- [34] Slika preuzeta s [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ESO\\_-\\_Hertzsprung-Russell\\_Diagram\\_\(by\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ESO_-_Hertzsprung-Russell_Diagram_(by).jpg)
- [35] Slika preuzeta s <https://www.maxpixel.net/Cas-A-Supernova-Rest-Cassiopeia-A-11180>
- [36] Slika preuzeta s [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Black\\_hole\\_-\\_Messier\\_87.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Black_hole_-_Messier_87.jpg)
- [37] Slika preuzeta s [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Simple\\_Constellation\\_Map.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Simple_Constellation_Map.png)

- [38] Slika preuzeta s <https://pixabay.com/photos/thunder-thunderstorm-purple-storm-953118/>
- [39] Slika preuzeta s <https://www.rawpixel.com/image/3305483/free-photo-image-rainbow-sky-cc0>
- [40] Slika preuzeta s [https://en.wikipedia.org/wiki/File:Full\\_featured\\_double\\_rainbow\\_at\\_Savonlinna\\_1000px.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Full_featured_double_rainbow_at_Savonlinna_1000px.jpg)
- [41] Slika preuzeta s <https://www.europosteri.hr/posteri/pink-floyd-dark-side-v156>
- [42] Slika preuzeta s <https://pixabay.com/photos/3d-printing-3d-printer-technology-3800204/>
- [43] Slika preuzeta s <https://pxhere.com/en/photo/1570325>
- [44] Slika preuzeta s [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:3D\\_Printshow\\_2014\\_London\\_-\\_Sharebot\\_SLA\\_3D\\_printer\\_\(15150911695\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:3D_Printshow_2014_London_-_Sharebot_SLA_3D_printer_(15150911695).jpg)
- [45] Slika preuzeta s [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:3D\\_Printed\\_Chocolate\\_.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:3D_Printed_Chocolate_.jpg)
- [46] Slika preuzeta s [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Europe%E2.80%99s\\_first\\_residential\\_3D\\_printed\\_building.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Europe%E2.80%99s_first_residential_3D_printed_building.jpg)
- [47] Slika preuzeta s [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Energy\\_thru\\_phase\\_changes.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Energy_thru_phase_changes.jpg)
- [48] Slika preuzeta s <https://www.flickr.com/photos/30478819@N08/49113428218>
- [49] Slika preuzeta s [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plug-in\\_hybrid\\_electric\\_vehicle\\_\(PHEV\)\\_diagram.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plug-in_hybrid_electric_vehicle_(PHEV)_diagram.jpg)