

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
FIZIČKI ODSJEK

Tomislav Cvitković

Elektromagnetski valovi: njihov koncept i
primjena u nastavi fizike

Diplomski rad

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
FIZIČKI ODSJEK

SMJER: PROFESOR FIZIKE I INFORMATIKE

Tomislav Cvitković

Diplomski rad

**Elektromagnetski valovi: njihov koncept i
primjena u nastavi fizike**

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

Ocjena diplomskog rada: _____

Povjerenstvo: 1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

Datum polaganja: _____

Zagreb, 2016.

Zahvaljujem svom mentoru izv. prof. dr. sc. Darku Androić na pomoći i vodstvu pri izradi diplomskog rada.

Zahvaljujem svojoj curi Nikolini Svoboda što je bila uz mene tokom polaganja posljednjih ispita i pisanja diplomskog rada.

Sažetak

Elektromagnetski valovi su u prošlom stoljeću iz znanstvenih krugova došli u krugove sveopćeg puka. Da bi se približili elektromagnetski valovi u današnje vrijeme su se počele upotrebljavati aplikacije kako bi se približilo ljudima te im postalo jasnije. Učenici nakon srednjoškolskog obrazovanja ne barataju dobro s pojmovima i konceptima vezanim uz elektromagnetske valove, nego sa striktno napisanim definicijama koje ne znaju upotrijebiti u svakodnevnom životu.

Provođenjem ankete vezanom uz elektromagnetske valove i njihove koncepte uvidio sam da akademski obrazovani ljudi i učenici ne znaju osnove, te imaju problema s konceptualnim razumijevanjem elektromagnetskih valova. S obzirom na rezultate istraživanja sam napravio jedan interaktivni sat čime bi se izvođenjem na nastavi fizike doprinijelo učeničkom konceptualnom razumijevanju i vizualizaciji elektromagnetskih valova

Electromagnetic waves: their concept and application in teaching physics

Abstract

In the last century electromagnetic waves came from the scientific community in the circles of common people. Today, we have started to use application with electromagnetic waves so they would become closer and more clear to people. After high school students do not handle with the terms and concepts related to electromagnetic waves, but with strict written definitions which they do not know how to use in everyday life.

By conducting surveys related to electromagnetic waves and their concepts it is realized that academically educated people and students do not know the basics and have problems with a conceptual understanding of electromagnetic waves. Considering the results of research, I have held an interactive lesson of physics which would contribute to the student's conceptual understanding and visualization of electromagnetic waves.

Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Pitanja iz ankete	3
2.1. Odabrana pitanja i objašnjenje.....	3
2.2. Pitanja odbačena za učeničke ankete	8
3. Analiza ankete	10
3.1. Analiza ankete za profesore	10
3.2. Analiza ankete za učenike.....	23
4. Primjena u nastavi fizike u srednjim školama.....	36
4.1. Zaključak istraživanja i implikacije za nastavu fizike	36
4.2. Priprema za interaktivno izvođenje sata na temu Spektar i nastanak elektromagnetskih valova	36
5. Zaključak.....	42
6. Prilog – Anketa.....	43
7. Literatura	47

1. Uvod

Danski znanstvenik Hans Christian Oersted 1820. je otkrio vezu između električne struje i magnetizma. Struja je protok elektrona i tokom prolaženja struje kroz vodič stvara zatvoreno magnetsko polje. Do toga otkrića je došao tako što je primijetio da se je igla kompasa okrenula okomito naspram vodiča. [4]

1831. godine engleski znanstvenik Michael Faraday je pokusom otkrio da promjenjivo magnetsko polje izazvalo induciranje napona, koji je pokrenuo struju u vodiču u zatvorenom strujnom krugu.[5][6].

1846. godine James C. Maxwell je teorijski opisao elektromagnetske valove. On je elektromagnetske valove opisao u matematičkom obliku, koje mi u današnjem školstvu učimo pod nazivom Maxwellove jednačbe. [7]

Iz toga možemo zaključiti da promjena jednog polja uzrokuje promjenu drugog polja. Gdje god ima promjene magnetskog polja u vremenu doći će do stvaranja električnog polja i obrnuto. Stalnim promjenama električnog i magnetskog polja dolazi do nastajanje elektromagnetskog vala. Oba polja se mijenjaju periodički, to jest titraju u fazi i gibaju se okomito jedan s obzirom na drugi. Smjer širenja vala je okomit s obzirom na električno polje i na magnetsko polje. Takva vrsta vala gdje je smjer širenja okomit s obzirom na titranje zove se transverzalni val [1][2][3].

Kako ljudi vole iskorištavati blagodati otkrića, tako su i iskoristili elektromagnetske valove. Jedan od najzanimljivijih korištenja elektromagnetskih valova je korištenje u svrhu telekomunikacija kao što je mobiteli, internet, radio, televizija i slično koristimo radiovalove. U medicinske svrhe koristimo x zrake (rendgenske zrake) ukoliko dođe do lomova kostiju i unutarnjeg krvarenja i oštećenja koje ne možemo vidjeti. Osim civilizacijske komponente ima i egzistencijalne komponente koja nam je još važnija, a to je sunčevo obasjavanje Zemlje. Za egzistenciju potrebno nam je grijanje što nam daje infracrveno zračenje, a to je isto elektromagnetski val, za svjetlost nam koristi vidljivi dio spektra elektromagnetskih valova. Ljudi u današnje vrijeme uzimaju elektromagnetske valove zdravo za gotovo, to jest uopće se ne pitaju koja je svrha i kako oni funkcioniraju u današnjem svijetu. Iako koriste svakodnevno elektromagnetske valove i njihova svojstva oni ih ne razumiju. Ne primjećuju

elektromagnetske valove u svojoj okolini i fiziku koja je temelj svijeta kakav poznaju. Nisu svjesni da su izvor svih fizikalnih i životnih pojava upravo elektromagnetski valovi. Glavni izvor elektromagnetskih valova je Sunce, s njega dolaze elektromagnetski valovi kroz svemir do nas, Zemlje. Da nema njih ne bi mogli uzgajati hranu, komunicirati na daljinu niti si olakšati život da otkrivamo i rješavamo naše zdravstvene probleme.

Zbog svega navedenog, mislim da je jako bitno da učenici razumiju koncept elektromagnetskih valova. Osim konceptualnog razumijevanja bitno je da si učenici mogu vizualizirati elektromagnetske valove. Za vizualizaciju, učenicima mogu pomoći phet aplikacije. Zbog velike primjenjivosti elektromagnetskih valova u svakodnevnom životu, mislim da bi se na nastavi fizike ovaj dio gradiva trebao kvalitetno obraditi. U ovom diplomskom radu istražiti ću i provjeriti kako ljudi shvaćaju elektromagnetske valove, te njihovu primjenu u svakodnevnom životu. Prvo me zanimalo kakvo znanje o elektromagnetskim valovima imaju profesori koji su davno to učili u školi. U drugom dijelu diplomskog rada, analizirao sam znanje učenika koji su nedavno učili o elektromagnetskim valovima. Nakon što vidim moguće probleme pokušat ću približiti i objasniti nastanak elektromagnetskih valova te njihovu primjenu kroz jedan interaktivni sat za srednju školu.

2. Pitanja iz ankete

2.1. Odabrana pitanja i objašnjenje

Prvim pitanjem iz ankete sam htio provjeriti da li učenici razumiju na kojem principu radi mikrovalna pećnica i za što služi. Odnosno povezuju li stvari koji koriste skoro svaki dan s naučenim u školi. Smatram da je jako bitno da učenici vide da je ono što uče na nastavi fizike primjenjivo u svakodnevnom životu. Mikrovalove su učili u srednjoj školi zajedno s ostalim vrstom elektromagnetskih valova. Distraktore, sam izabrao kao uobičajene primjere koji se u nastavi spominju prilikom obrade primjene različitih vrsta elektromagnetskih valova. Moguće je da učenici ne povezuju koje valove gdje koriste pa se odluče i za odgovor sve navedeno pa sam zato naveo i taj odgovor.

U ovom pitanju (drugo pitanje iz ankete) sam htio provjeriti učeničko razumijevanje osnovnih svojstva valova te njihovu povezanost. Na ovo pitanje postoje dva točna odgovora te sam time htio provjeriti dvije stvari. Prvo čitaju li učenici sve odgovore na postavljeno pitanje do kraja ili čim nađu prvi odgovor koji smatraju točnim prelaze na sljedeće pitanje bez da su pročitali sve odgovore do kraja. Iz tog razloga sam točne odgovore stavio kao prvi i zadnji odgovor. Namjerno nisam naglasio koliko je točnih odgovora na pitanje tako da bi učenici trebali pročitati sve odgovore i razmisliti o njihovoj točnosti. Drugo sam htio provjeriti činjenično znanje, to jest znaju li vezu između frekvencije i valne duljine te također između frekvencije i perioda. Za distraktore sam izabrao pojmove vezane za valove, a posebno i uz frekvenciju.

Trećim pitanjem provjeravam učeničko činjenično znanje, to jest znaju li poredati elektromagnetske valove po valnim duljinama. Događa se da učenici zapamte samo u kojem rasponu frekvencija, odnosno valnih duljina, se nalaze vidljiva svjetlost i infracrveno zračenje jer to često koriste kako u nastavi fizike, tako i u svakodnevnom životu. Ostale elektromagnetske valove najčešće znaju samo imenovati, ali ne znaju kojem rasponu valnih duljina pripada koja vrsta elektromagnetskog vala. Mislim da učenici češće pamte elektromagnetske valove poredane po frekvenciji od najniže prema najvišoj pa sam zato postavio baš pitanje spominjući valnu duljinu da još jednom provjerim razumijevanje valne duljine i frekvencije kao obrnuto proporcionalnih veličina.

Četvrtim pitanjem sam htio provjeriti znaju li učenici što je elektromagnetski val. Odnosno ako znaju da elektromagnetski val predstavlja električno i magnetsko polje koja

okomito titraju, znali bi da se val može širiti kroz vakuum. Uvoda rečenica, prije samo postavljenog pitanja, je zapravo distraktor jer se pitanje moglo postaviti i bez nje. Spominjanje svemira učenike može navesti na pogrešan odgovor, ako nisu sigurni što elektromagnetski val jest. U ovom pitanju je upotrebljena riječ „propagacija“, tom riječi sam želio provjeriti koriste li se učenici samo uobičajenim, svakodnevnim riječima ili koriste i stručne nazive. Učenike bi trebalo upoznati sa stručnim nazivima i poticati njihovu prirodoslovnu pismenost.

U petom pitanju iz ankete isto kao i prošlim propitujem znaju li učenici što je potrebno elektromagnetskim valovima za propagaciju, uz dodatak usporedbe s mehaničkim valovima koje spominju skoro u svakodnevnoj nastavi fizike. Često se u školama ne radi usporedba mehaničkih i elektromagnetskih valova pa sam htio provjeriti mogu li učenici sami doći do točnog odgovora. Nažalost, učenici često ne žele razmišljati nego žele da im je se sve ispredaje da oni to mogu zapisati i kasnije samo reproducirati znanje bez prevelikog intelektualnog angažmana. Distraktore sam izabrao tako što sam razmišljao do kojih bi zaključaka mogli doći učenici razmišljajući ako u svom razmišljanju koriste neke tipične miskoncepcije vezane uz elektromagnetske valove.

U šestom pitanju propitujem je li učenici znaju da se svi elektromagnetski valovi u vakuumu gibaju istom brzinom i to brzinom svjetlosti $c \approx 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$. Učenici često koriste formulu $v = \lambda \cdot f$ i preko te formule pokušavaju doći do zaključka o brzini valova. Učenici ne uočavaju da nam je brzina konstatna veličina, a koliko puta se smanji ili poveća valna duljina toliko puta se poveća ili smanji frekvencija, odnosno da su valna duljina i frekvencija obrnuto proporcionalne veličine. Učenici najčešće pamte frekvencije pa će znati da gama zrake imaju najveću frekvenciju od navedenih odgovora i iz formule $v = \lambda \cdot f$ doći do zaključka da ima onda i najveću brzinu. Pritom zaključivanju učenici zanemare valnu duljinu, to jest valna duljina im je konstanta. Moguće je i da učenici gledaju valne duljine, a zanemare frekvenciju u tom slučaju, i tako zaokruže drugi odgovor. Iz tih razloga sam naveo različite vrste elektromagnetskih valova za distraktore.

Učenici se susreću s vidljivim spektrom u svakodnevnom životu te znaju u kojem rasponu frekvencija ili valnih duljina se nalazi vidljiva svjetlost. Također učenici često kod nabiranja svih boja vidljivog dijela spektra koriste neki poredak ili po redu od najniže do najniže frekvencije ili najmanje do najveće valne duljine. Problem je što učenici to nauče napamet bez razumijevanja te ne znaju zašto je spektar baš tako poredan. Ovdje kao u nekim

prethodnim pitanjima provjeravam da li učenici znaju povezivati valnu duljinu i frekvenciju. Do odgovora na sedmo pitanje mogu doći na dva načina. Prvi način je da znaju zašto spektar tako raspoređen. A drugi način je da znaju povezanost valne duljine i frekvencije. Također učenici nauče da su crvena i ljubičaste ekstremi, to jest da ljubičasta svjetlost ima najmanju valnu duljinu, a crvena najveću, obrnuto ako pamte preko frekvencija.

Osmim pitanjem provjeravam isto što i prethodnim pitanjem. Ova pitanja sam stavio jedno za drugim da vidim dvoume li se ispitanici između crvene ili ljubičaste što bi ukazivalo na problem da ne znaju vezu između valne duljine i frekvencija, ali moguće je i da su samo krivo zapamtili, ili ako odgovore neke od drugih distraktora da ne znaju poredati spektar po redu ni po valnim duljinama ni po frekvencijama.

Devetim pitanjem sam htio provjeriti znaju li učenici sva svojstva elektromagnetskih valova. Često učenici zapamte samo neka svojstva, a ne znaju nabrojati sva. Na ovo pitanje su svi odgovori točni jer su to nabrojana sva svojstva elektromagnetski valova u vakuumu. Učenicima nije posebno naglašeno koliko ima točnih odgovora. Naveo sam kao zadnji odgovor sve navedeno jer sam mislio da bi učenike koji znaju nabrojati sva svojstva moglo zbuniti to što su svi odgovori na postavljeno pitanje točni.

Desetim pitanjem htio sam provjeriti znaju li učenici što je ionizacija. Taj pojam učenici obrađuju i na nastavi fizike i na nastavi kemije te bi im trebao biti poznat. Zanimalo me znaju li na koji način je sve moguće da dođe do izbijanja elektrona. Često učenici zapamte da fotoelektrični efekt izbacivanje elektrona s površine metala, ali ne povežu to sa ionizacijom. Distraktore sam izabrao neke ostale učenicima poznate efekte. Na taj su način učenici mogli i putem eliminacije doći do točnog odgovora, ali tad su morali znati što se događa u pojedinim efektima.

Jedanaestim pitanjem htio sam provjeriti znaju li učenici uopće koju vrstu elektromagnetskog vala koriste za bežičnu mrežu. Učenici svakodnevno koriste bežičnu mrežu, koristeći računala i mobitele koji su spojeni na internet preko bežične mreže. Učenici često ne vidi primjenu onog što uče na nastavi pa je ovo dobar primjer koje bi učenike mogao zainteresirati. Budući da se svakodnevno koriste bežičnom mrežom, mislim da bi učenici trebali znati odgovor na ovo pitanje. Međutim do točnog odgovora mogli su doći i logičnim zaključivanjem i izbacivanjem odgovora koji uočljivo odskaču. Za distraktore sam uzeo ostale vrste elektromagnetskog zračenja koji se često spominju na nastavi, ali i u svakodnevnom životu.

Dvanaestim pitanjem htio sam provjeriti povezuju li učenici različite vrste zračenja s njihovom frekvencijom. Ukoliko učenici znaju vrstu elektromagnetskog vala koji se koristi za bežičnu mrežu, mogu li pomoću već prije naučenog raspona spektra elektromagnetskih valova doći do točnog odgovora, to jest koji raspon frekvencija je točan odgovor. Učenici su da bi došli do raspona frekvencije mogli primijeniti formulu koja povezuje frekvenciju i valnu duljinu te znati kojom se približnom brzinom gibaju elektromagnetski valovi kroz zrak, $v = \lambda \cdot f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda}$. Na ovom primjeru, kao i na nekim prehodnim primjerima, uočavam da učenici na više načina mogu doći do točnog odgovora, tako da kod učenika treba razvijati povezivanje i razumijevanje naučenih pojmova. Distraktore sam birao tako da učenici moraju znati samo kojem redu veličine pripada frekvencija bežične mreže.

Trinaestim pitanjem htio sam provjeriti da li učenici povezuju činjenice koje nauče iz medija ili drugih izvora s onim što nauče tijekom školovanja. U svakodnevnom životu često čuju da ultraljubičasto zračenje šteti i uzrokuje rak, ali rijetko kada čuju i nauče beneficije ultraljubičastog zračenja. Svi odgovori na pitanje su točni, osim zadnjega. Namjerno sam stavio zadnji odgovor da učenicima ne bi bilo čudno da su svi odgovori točni pa da možda zbog toga ne odgovore iako znaju odgovor. Gradivo koje uključuje ovo pitanje se ne uči u srednjim školama (gimnazije i tehničke škole). Ovo pitanje zalazi u medicinsku fiziku koja nije sastavni dio svih srednjih škola. Postoji mogućnost da učenici ovo uče i na nastavi biologije, ali nisam proučio kurikulum vezan uz nastavu biologije u srednjim školama.

Četrnaestim pitanjem propitujem primjenjuju li učenici naučeno na nastavi fizike u drugim područjima, u ovom slučaju u medicini. Zanimalo me znaju li da ista stvar može biti i štetna i korisna. Štetnost ili korisnost je određena količinom i načinom primjene. U medijima se najčešće čuje o štetnosti različitih zračenja, tako da među ljudima vlada određen strah od zračenja. Mislim da bi zbog toga na nastavi fizike trebalo naglasiti koje su korisne strane zračenja, ukoliko se ono ispravno koristi. Mislim da bi u srednjoškolskoj fizici dio gradiva trebao pokrivati i medicinsku fiziku, osnovne teme koje će im biti korisne dalje u životu. Distraktore sam izabrao kao ostale primjene elektromagnetskog zračenja koje učenici nauče u školi.

Petnaestim pitanjem provjeravam znaju li učenici koje su komponente električnog strujnog kruga odgovorne za stvaranje elektromagnetskog vala. Učenici su na nastavi fizike učili sve navedene komponente strujnog kruga te što se u njima ili oko njih događa. Učenici, da bi mogli točno odgovoriti na pitanje, moraju znati od čega se sastoji elektromagnetski val

te koji od navedenih elektroničkih komponenata stvara električno polje, a koja magnetsko polje. Bitno je da znaju proces nastajanja, to jest da prilikom izmjene između komponenti dolazi do emitiranja elektromagnetskog vala. Distraktori su nabrojane sve komponente strujnog kruga koje su učenici učili u srednjoj školi, neke distraktore sam namjerno stavio jer učenici zaborave njihovu funkciju u strujnom krugu, npr. dioda i tranzistor, pa im to djeluje kao točan odgovor.

Šesnaestim pitanjem želim provjeriti jesu li učenici usvojili kako nastaje elektromagnetski val. Učenici imaju problema s razumijevanjem nastanka magnetskog polja iz električnog polja, a samim time i s razumijevanjem Maxwellovih jednadžbi koje su temelj elektromagnetizma, ali i cijelog svijeta tehnologije koji oni danas poznaju. Mislim da je bitno da se u školi Maxwellove jednadžbe dobro obrade jer učenici njihovu primjenu mogu vidjeti u svakodnevnom životu, a učenici koji se odluče za tehničke i prirodoslovne fakultete će se često susretati s njima. Učenici najčešće gibanja povezuju s promjenom energije pa sam tako izabrao distraktore. Ostale sam distraktore izabrao razmišljajući što bi učenici mogli pretpostaviti da će se dogoditi prilikom ubrzavanja elektrona.

Sedamnaestim pitanjem provjeravam opće znanje vezano uz elektromagnetske valove. Pitanje je vezano uz povijest fizike. Zanimalo me imaju li učenici osjećaj za smještanje događaja u točan povijesni kontekst. Mislim da se u školama taj povijesni dio dosta zanemaruje, a smatram da je bitan za razumijevanje važnosti otkrića nekih novih pojava ili zakona. Učenici često samo uče nove pojave na nastavi fizike bez da vide njihovu povijesnu važnost te kako je to utjecalo na svijet kakav danas poznaju. Vjerujem da učenici znaju da su elektromagnetski valovi relativno nedavno teorijski opisani pa sam zato stavio takve distraktore.

Zanimalo me je li učenici povezuju štetnost zračenja sa svojstvima zračenja. Odnosno u osamnaestom pitanju provjeravam je li učenici povezuju frekvenciju i energiju, to jest u kojem su odnosu te dvije veličine. Drugu stvar koju provjeravam u kojem su odnosu valna duljina i frekvencija, što sam provjeravao i na nekim prethodnim pitanjima. Iz iskustva sam primijetio da učenici nemaju problema s povezivanjem štetnosti zračenja s energijom, povezuju veću energiju i veću štetnost zračenja. Međutim učenici ne pamte formulu $E = h \cdot f$. Vjerujem da je to zato jer se uči u četvrtom srednje i nisu je često koristili kao na primjer formulu za gravitacijsku potencijalnu, kinetičku energiju i tome slično. Iz formule $E = h \cdot f$ se uočava proporcionalna veza između energije i frekvencije, a potom se iz formule $f = \frac{v}{\lambda}$

vidi obrnuto proporcionalna veza između frekvencije i valne duljine. Distraktore sam birao tako da provjerim učeničko razumijevanje obje prethodno navedene formule.

Devetnaestom pitanjem htio sam provjeriti učeničko razumijevanje intenziteta. Mislim da će većina učenika izabrati kao točne odgovore distraktore, a ne točan odgovor jer imaju miskoncepcije kojih se još nisu riješili. Jedna od miskoncepcija je da učenici smatraju da intenzitet ovisi o brzini kojom dolazi elektromagnetski val na neku površinu. Ta miskoncepcija je nastala iz učeničkog pogrešnog zaključivanja da što brže elektromagnetski val dolazi na neku površinu da će napraviti veći udarac, a jačinu udarca učenici povezuju s intenzitetom. Oni intenzitet poistovjećuju s jačinom udarca, iz tog zaključivanja slijedi što je jači udarac to je jači intenzitet. Ostale distraktore sam izabrao koristeći pojmove koje mislim da bi učenici mogli povezati s intenzitetom elektromagnetskih valova.

Dvadeseto pitanje se nastavlja na prethodno pitanje. Ukoliko učenici znaju što je intenzitet i o čemu ovisi neće imati problema s odgovaranjem ovog pitanja. Ovim pitanjem sam još jednom htio povjeriti učeničko razumijevanje intenziteta elektromagnetskih valova. Također na ovom pitanju mogu uočiti jesu li učenici zaokruživali odgovore bez razmišljanja ili su promislili o pitanju prije svakog odgovora. Primjerice, ako su u prethodnom pitanju točno odgovorili da ovisi o površini, čudno bi bilo da na ovo pitanje krivo odgovore. Distraktori koji se nalaze u odgovorima su dani jer učenici su puno češće koristili i čuli za te mjerne jedinice pa bi se lako mogli zbuniti i zaokružiti krivi odgovor.

2.2. Pitanja odbačena za učeničke ankete

Pitanje broj 8 sam izbacio iz ankete za učenike jer je pitanje praktički isto kao i prethodno pitanje (7), samo što se ne traži najveća nego najmanja frekvencija. Ako su učenici znali odgovoriti na prethodno pitanje, odnosno znali su spektar posložiti po frekvencijama, onda ovo pitanje ne bi propitalo ništa više ili drukčije nego prethodno pitanje.

Četrnaesto pitanje sam izbacio iz učeničke ankete jer učenici ne uče previše o gama zrakama. Na nastavi učenici samo spomenu gama zrake kao dio spektra elektromagnetskog zračenja te ih nauče razvrstati po frekvenciji ili valnoj duljini. Tako da bi većina učenika nagađalo točne odgovore ili bi samo kliknuli na neki odgovor da idu dalje na sljedeće pitanje. Učenici često i u svakodnevnom životu čuju samo o štetnosti zračenja pa bi mogli

zaokružiti samo taj odgovor, ako bi uopće razmišljali o točnom odgovoru. Zbog tih razloga mislim učenički odgovori na ovo pitanje ne bi bili relevantni.

Šesnaesto pitanje sam odbacio jer uvidom u udžbenik iz fizike trećih razreda gimnazije uvidio sam da ne uče na toj razini. I kod učenja Maxwellovih jednadžbi ne ulaze u potpuno razumijevanje, jer još nemaju matematički alat da bi baratali potpuno tim jednadžbama. Uče da promjenjivo električno polje u vremenu stvara promjenjivo magnetsko polje u vremenu i obrnuto, te na taj način nastaje elektromagnetski val. Tako da ostavljanjem tog pitanja ne bi dobili relevantni odgovor nego bi vrlo vjerojatno zbog svog ne znanja, ne svojom krivicom, odabirali nasumično odgovor.

Na sedamnaesto pitanje bi učenici mogli samo nasumično kliknuti odgovor jer se povijest elektromagnetskih valova samo spomene tokom nastave jednom do dvaput od strane profesora, većinom jer profesori smatraju da je to podatak koji za učenike nema neki preveliki značaj. Mislim da zbog toga učenici ne memoriraju godine kad je nešto otkriveno. Tako da sam smatrao da tim pitanjem ne bi dobio relevantne odgovore i podatke koji bi mi koristili u svrhu istraživanja i pisanja moga diplomskog rada.

Osamnaestim pitanjem sam želio propitati povezuju li učenici štetnost zračenja i energiju zračenja, također me zanimalo povezuju li energiju s frekvencijom i valnom duljinom. Mislim da sam u tom pitanju želio previše toga provjeriti, to jest mislim da bi učenici u tom pitanju trebali previše stvari povezivati, a već sam u prijašnjim pitanjima u više navrata propitao njihovo znanje, sposobnosti i zaključivanje vezano uz frekvenciju i valnu duljinu elektromagnetskog zračenja.

3. Analiza ankete

3.1. Analiza ankete za profesore

Kako sam neko vrijeme radio u školi anketna pitanja prvo sam dao profesorima u jednoj zagrebačkoj osnovnoj školi. Naglasio bi da profesori, koji su ispunjavali anketu, ne predaju prirodne znanosti. Htio sam testirati i provjeriti koliko dobro akademski obrazovani ljudi barataju fizikalnim pojmovima srednjoškolske fizike iz područja elektromagnetizma. Svakodnevno se susreću s pojmovima iz područja elektromagnetskih valova bilo u školi ili van škole.

Anketa je od strane profesora bila očekivano loše riješena jer je prošlo dosta vremena od njihovog zadnjeg susreta s elektromagnetskim valovima. Iako svakodnevno se koriste uređajima koji rade na principu elektromagnetskih valova nisu ni svjesni što se i kako događa. Velika većina njih je imala problema s osnovnim pitanjima kao što je u koje svrhe koristimo mikrovalove. Iako sama riječ asocira na mikrovalnu pećnicu, nekolicina ih nije zaokružila da ih koristimo za kuhanje. Sva njihova opravdanja dolaze da ne znaju odgovore, da su to davno učili ili da uopće nisu učili u školi bilo iz fizike ili tehničkog odgoja.

Tokom rješavanja ankete su se ponašali kao učenici te su htjeli prepisivati jedni od drugih što je lako moguće dovelo do istih odgovora ukoliko nisu znali samostalno odgovoriti pa neki odgovori nisu relevantni. Iznenadilo me da su svi profesori, osim jednog, imali problema s terminom propagacija vala. Niti profesori hrvatskog i književnosti nisu znali što znači propagacija. To me je dovelo na promišljanje da li se uopće upotrebljava ta riječ. Kod učenika nije bilo previše problema oko termina propagacije, ali to ću obraditi u sljedećem poglavlju.

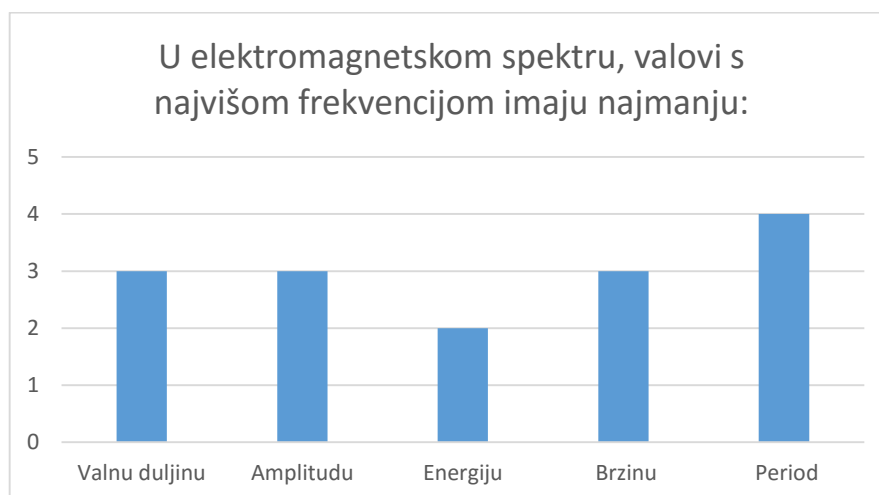
Prilikom rješavanja ankete ispitanici su se mogli vraćati na prethodno odgovorena pitanja i promijeniti odgovor ukoliko su htjeli. Bilo je i snalažljivih ispitanika koji su pomoću daljnjih pitanja došli do odgovore za prethodna pitanja.

Broj akademski obrazovanih ispitanika je bilo 13. Prilikom rješavanja ankete im je rečeno da na svako pitanje može biti više točnih odgovora i nije im nigdje napisano ili napomenuto koliko je točnih odgovora na svako pojedino pitanje.



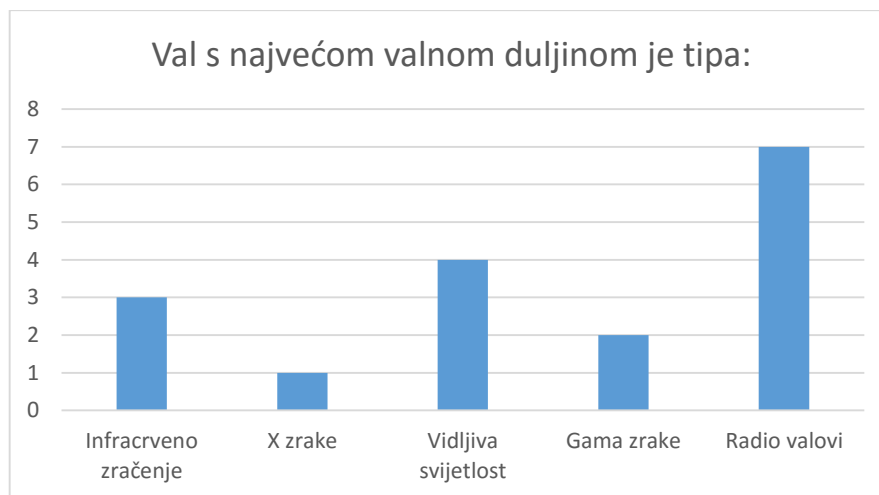
Graf 3.1.: Analiza odgovora na prvo pitanje za profesore

Na ovo pitanje su više-manje svi dali točan odgovor, iako se je našlo ljudi koju su zaokružili distraktore, a ne točan odgovor (graf 3.1.). Očekivao sam veći postotak točnih odgovora, pogotovo jer se u samom nazivu mikrovalna pećnica spominju mikrovalovi. Međutim kao što se vidi iz priloženog grafa bilo je i ljudi koji smatraju da za sve ponuđene odgovore koristimo mikrovalove.



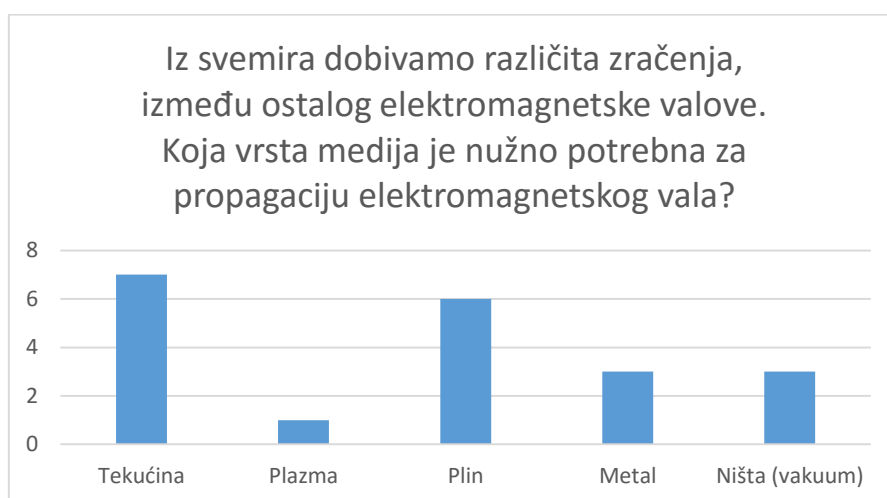
Graf 3.2.: Analiza drugog pitanja za profesore

Svi odgovori su podjednako zastupljeni (graf 3.2.). Najviše ispitanika se odlučilo za odgovor period, što je i točan odgovor. Iznenadilo me je da su ispitanici odabrali odgovore energija i brzina jer iz iskustva učenici biraju baš te odgovore da su najveći kad je frekvencija najveća, a ne najmanji. Niti jedan ispitanik nije imao oba točna odgovora, valnu duljinu i period. Većina ih se je prisjetila da je veza između perioda i frekvencije obrnuto proporcionalna.



Graf 3.3.: Analiza trećeg pitanja za profesore

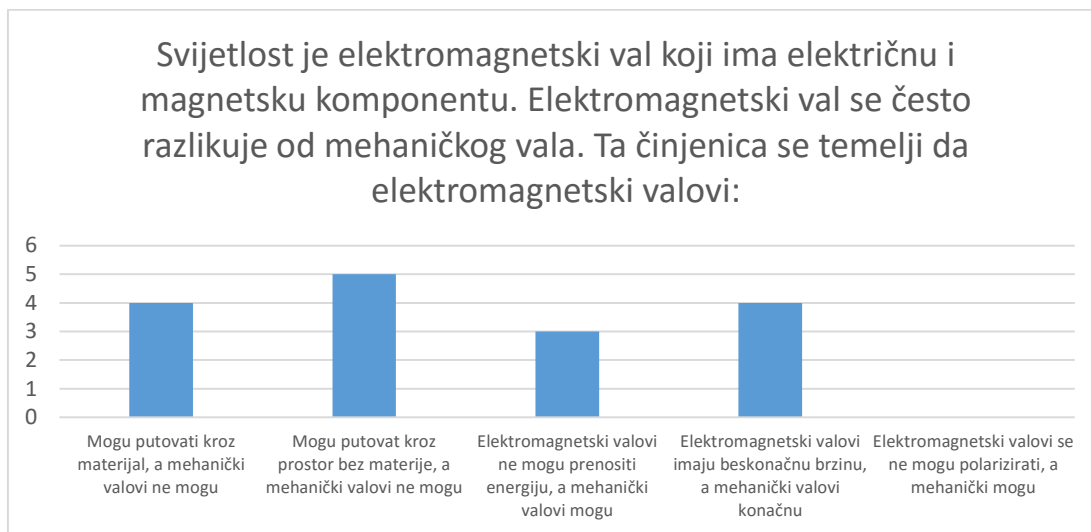
Većina ispitanika je točno odgovorilo na postavljeno pitanje. Kroz razgovor s njima većina ih se sjeća spektra elektromagnetskih valova, te su do odgovora dolazili metodom eliminacije. Bilo je i ispitanika koji se ne sjećaju spektra nego samo pojedinih valova iz spektra, pošto za vidljivu svjetlost i radiovalove najčešće čuju, onda su se najviše dvoumili između njih, kao što je vidljivo u rezultatima danih odgovora (graf 3.3.). Većina ih kroz sjećanje x zrake i gama zrake smještaju na sam rub početka elektromagnetskog spektra.



Graf 3.4.: Analiza četvrtog pitanja za profesore

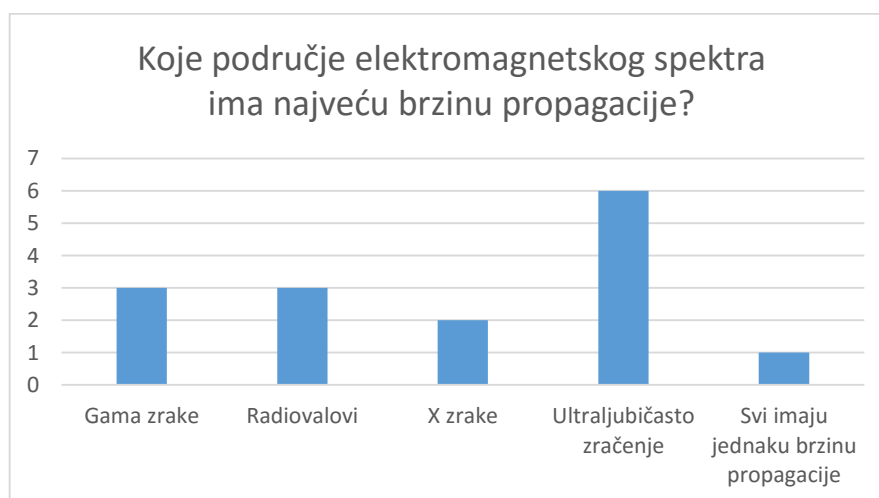
Kod ovog pitanja nisam imao predviđanja i očekivanja koji bi odgovor ili odgovori mogli biti najzastupljeniji. Većina ispitanika je komentiralo da na ovo pitanje nisu znali odgovor. Također je bio problem što se u samom pitanju spominje pojam propagacije koji im je bio nepoznat te zapravo nisu razumjeli što se od njih traži. Dio ispitanika je komentirao da nije znao što je plazma. Kroz razgovor s njima sam dobio dojam da su odabrali odgovore tekućina i plin jer se svakodnevno susreću s tim pojmovima, odnosno zvuči im kao

„fizičarske“ riječi. Iz grafa 3.4. vidljivo je da su se najčešće i odlučili za odgovore tekućina i plin.



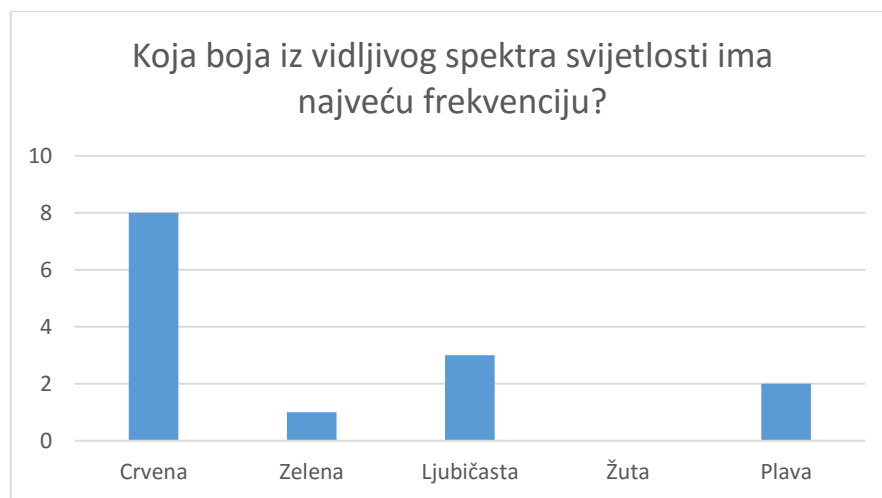
Graf 3.5.: Analiza petog pitanja za profesore

Ovdje su svi dogovori podjednako zastupljeni (graf 3.5.). Do toga je došlo jer većina ispitanika ne koristi stručne riječi kao što je mehanički val i polarizacija. Nekolicina njih ne zna da postaje različite vrste valova, to jest da valove smještamo u različite kategorije. Uz kasnije pojašnjenje što je mehanički val (na primjer zvuk, val na opruzi i slično) su shvatili. Oko termina elektromagnetskog vala i što je elektromagnetski val smo došli uz dodatno pojašnjavanje i pružanje primjera. Nije im bilo jasno kako elektromagnetski val ne treba materijal, a mehanički trebaju za propagaciju. To sam im objasnio preko dobivanje signala u svemiru koji dobivamo gdje se nalazi vakuum.



Graf 3.6.: Analiza šestog pitanja za profesore

Ispitanici su se odlučili za različite odgovore što pokazuje da ispitanici ne znaju kolika je brzina propagacije elektromagnetskih valova (graf 3.6.). Ovdje sam i očekivao da će biti različitih odgovora jer ispitanici ne povezuju valne duljine i frekvencije danih elektromagnetskih valova, to jest da je umnožak frekvencije i valne duljine elektromagnetskih valova konstantan i jednak brzini svjetlosti. Opet su i tu imali problema s terminom propagacije pa je moguće da su pogađali odgovor jer nisu razumjeli što ih se pita. Samo je jedna osoba dala točan odgovor da sve vrste elektromagnetskog vala imaju istu brzinu propagacije.



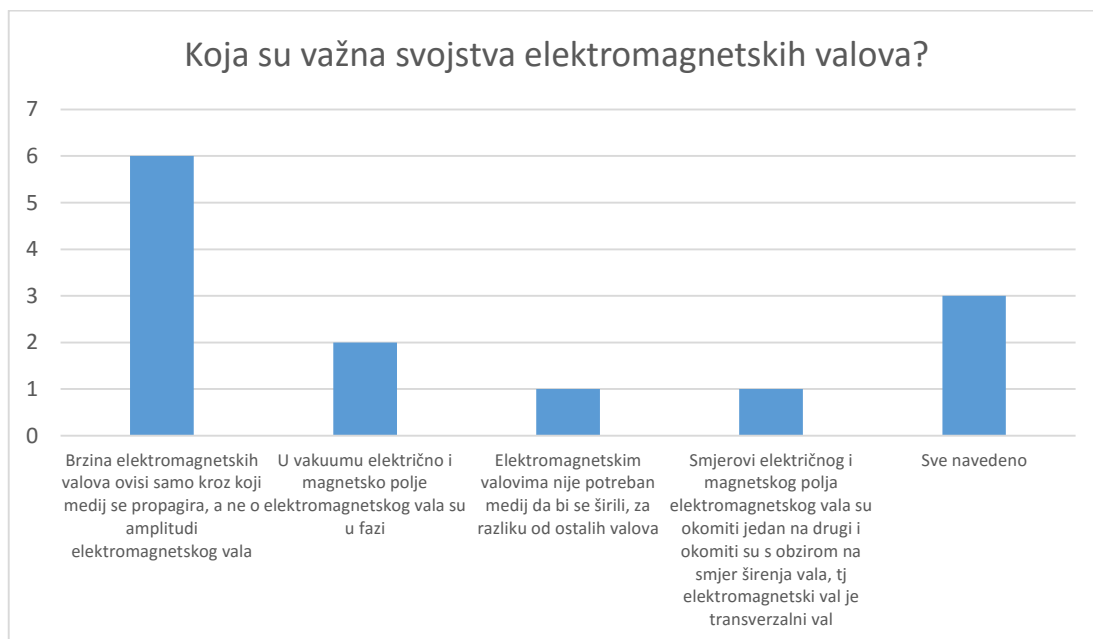
Graf 3.7.: Analiza sedmog pitanja za profesore

Ovdje sam očekivao da će većina odgovora biti ili crvena ili ljubičasta. Ljudi koji se ne bave svakodnevno sa spektrom vidljive svjetlosti zapamte kroz školovanje ili svakodnevni život da su crvena i ljubičasta boje koje se nalaze na rubu spektra vidljive svjetlosti. Tako da tu vrlo vjerojatno je došlo do pogađanja odgovora, što bi i odgovaralo rezultatima jer se većina odlučila ili za crvenu ili za ljubičastu boju (graf 3.7.). Svi su tokom rješavanja se prisjećali svojih srednjoškolskih dana i pokušali se sjetiti.



Graf 3.8.: Analiza osmog pitanja za profesore

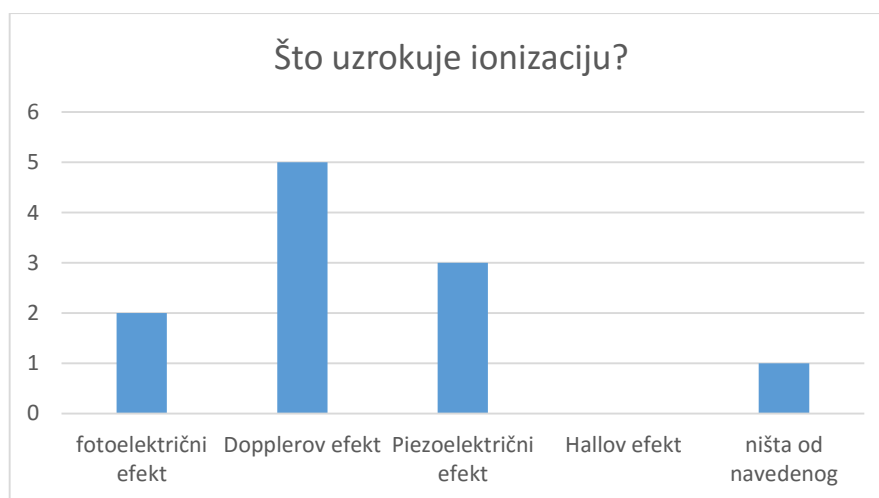
Iz rezultata (graf 3.8.) se vidi da su ispitanici imali više problema nego s odgovaranjem na prethodno pitanje. Ovi rezultati su me iznenadili jer sam očekivao da će se ispitanici opet dvoumiti između crvene i ljubičaste boje. Ne znam zbog čega su odgovori skoro podjednako raspoređeni. Moguće je da ih je zbunilo da su ta dva pitanja jedno za drugim pa da su mislili da sad treba razmišljati u nekom drugom smjeru.



Graf 3.9.: Analiza devetog pitanja za profesore

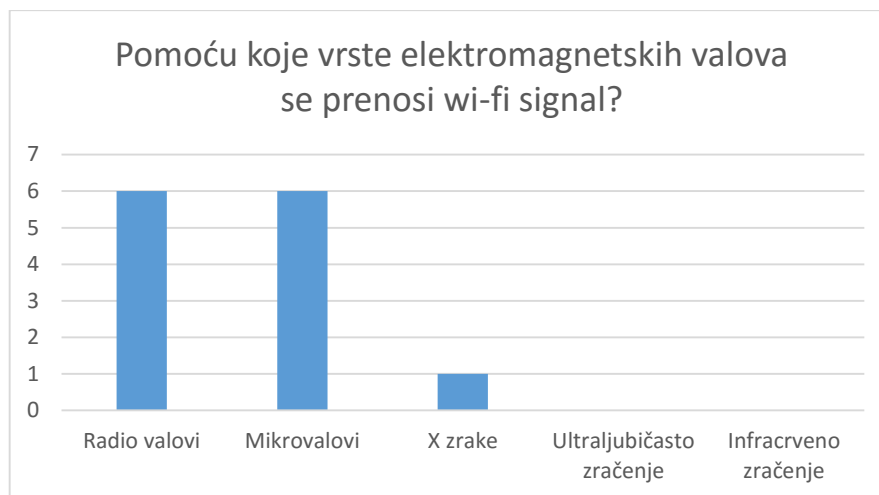
Na ovo pitanje sam očekivao da će najviše ispitanika dogovoriti da je važno svojstvo da brzina elektromagnetskih valova ovisi samo kroz koji medij se propagira, a ne o amplitudi elektromagnetskog vala jer sam iz iskustva stekao dojam da je ljudima logično da se brzina gibanja mijenja ako se nalazimo u različitim materijalima, na primjer lakše i brže je hodati po kopnu nego ako se nalazimo u moru. Kao što je anketa pokazala najviše se ispitanika

odlučilo za taj odgovor (graf 3.9.). Iako koriste pojam faza, očito još ne znaju točno značenje tog pojma jer si nisu mogli predočiti kako i zašto su komponente električnog i magnetskog polja u fazi. U prethodnom pitanju, što nam je nužno potrebno za propagaciju elektromagnetskog vala, dobio sam samo jedan točan odgovor. Za točan odgovor na ovo pitanje, bilo je bitno da su ispitanici znali točno odgovoriti i na to prethodno pitanje. Dvoje od troje ispitanika koji su odgovorili sve navedeno, su se sjetili iz svojih srednjoškolskih dana, a to sam doznao iz razgovora s njima nakon popunjavanje ankete. Jedan ispitanik je pogodio točan odgovor.



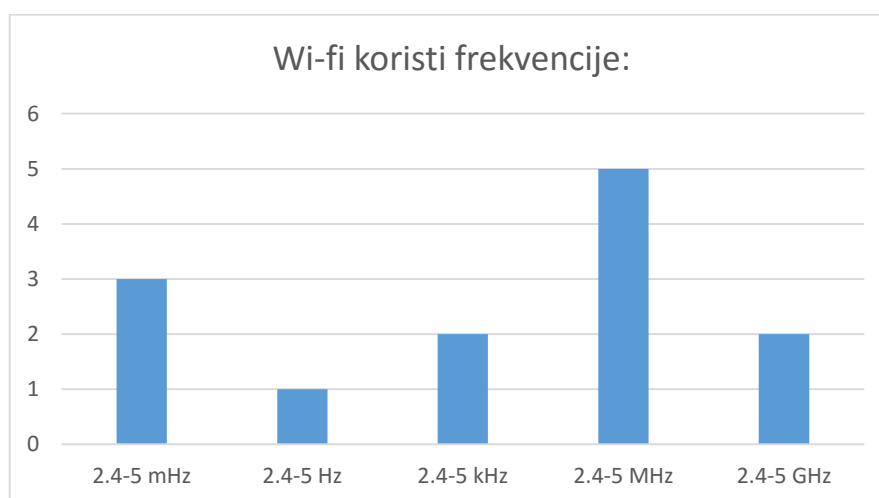
Graf 3.10.: Analiza desetog pitanja za profesore

Ovdje sam očekivao da će ispitanici odgovoriti u većini slučajeva fotoelektrični efekt jer se ipak anketa radi o elektromagnetskim valovima pa sam mislio da će ih asocirati. Iako se fotoelektrični efekt radi u svim srednjim školama sa četverogodišnjim programom fizike, shvatio sam da ljudi često ne znaju ili zaborave što taj efekt radi ili uzrokuje. Dopplerov efekt je najviše puta izabran za točan odgovor jer većina ljudi se sjeća iz srednje škole kao zanimljivog gradiva gdje se koriste upečatljivi primjeri i pokusi (graf 3.10.) Dio ispitanika je odgovorio i pizoelektrični efekt vjerojatno zbog asocijacije s elektromagnetskim valovima o čemu se radi anketa.



Graf 3.11.: Analiza jedanaestog pitanja za profesore

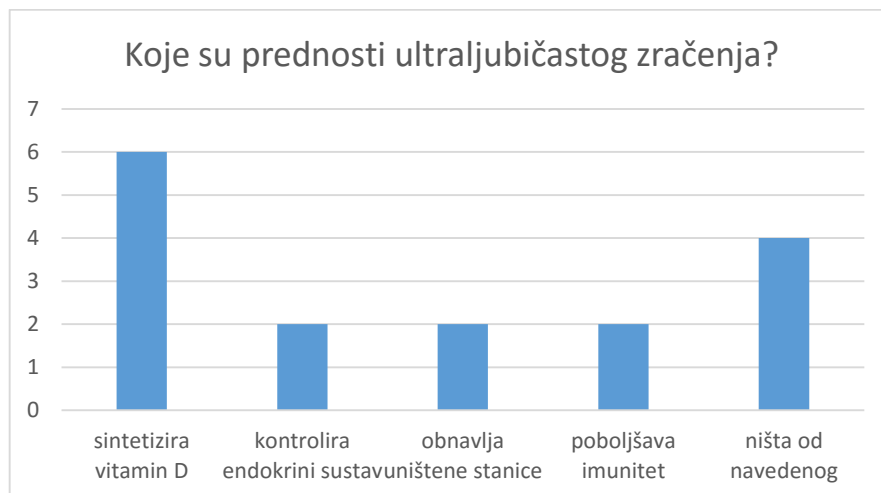
Na ovom pitanju se čak za dva distraktora, ultraljubičasto i infracrveno zračenje, nije odlučio nijedan ispitanik (graf 3.11.). Očekivao da će najzastupljeniji dogovori biti radiovalovi i mikrovalovi jer za radiovalove znaju da prenosi tv i radio signal pa su pretpostavili da i wi-fi signal se prenosi tom vrstom vala. Odgovor mikrovalovi im se je možda učinio točnim jer skoro u svakodnevnom životu koriste mikrovalnu pećnicu i znaju da ne pravi veliku štetu okolini pa im se činilo zgodnim da bi moglo prenositi wi-fi signal.



Graf 3.12.: Analiza dvanaestog pitanja za profesore

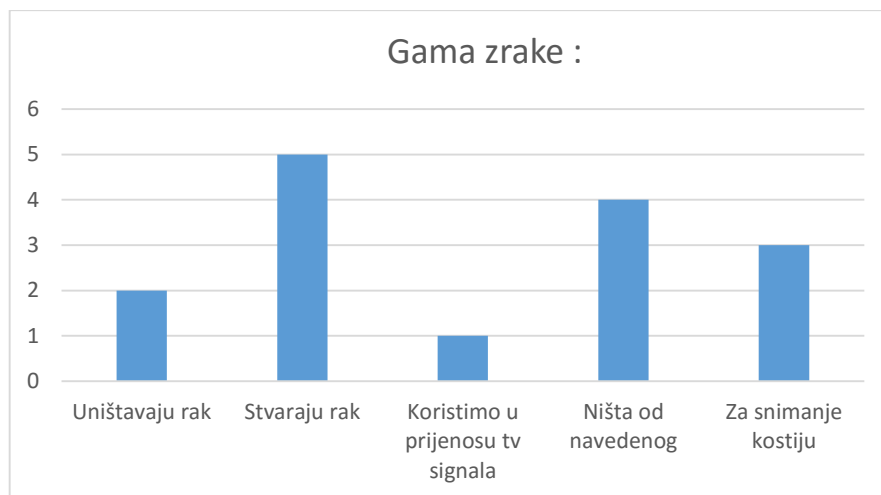
Ovdje su ispitanici trebali ukoliko su znali koju vrstu elektromagnetskih valova koristimo za prijenos wi-fi signala znati u kojem se rasponu proteže val, to jest koji je raspon valne duljine vala. Kako se radiovalovi protežu od nekoliko milimetara pa do nekoliko kilometara, u nekim područjima dolazi do preklapanja mikrovalova i radiovalova pa tu može doći do zabune. Većina se odlučila za odgovor 2.4-5MHz, dok je točan odgovor 2.4-5GHz

(graf 3.12.). Ukoliko prilikom kupovine rutera ili mobitela pročitaju upute uvidjet će koja je frekvencija wi-fi signala.



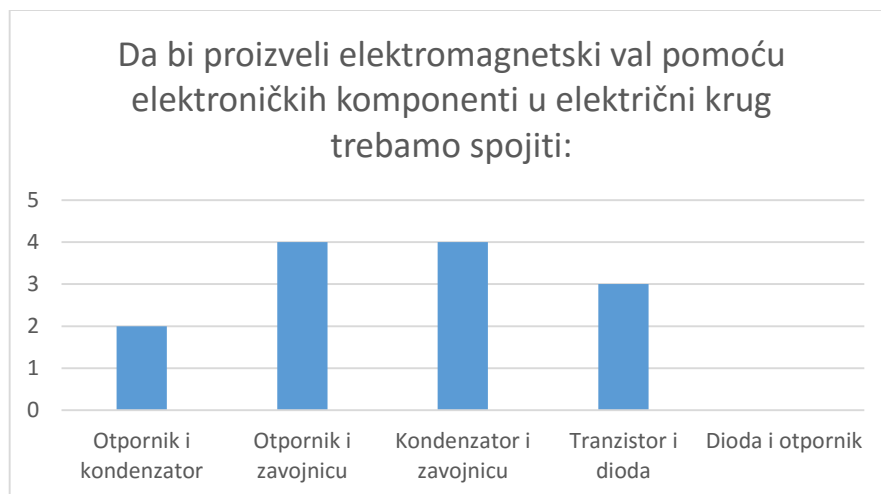
Graf 3.13.: Analiza trinaestog pitanja za profesore

Ovim pitanjem sam htio probuditi njihovo razmišljanje i znanje te im ponuditi odgovore koji se kosi s njihovim općim saznanjima o ultraljubičastom zračenju. U svakodnevnom životu stalno slušamo da ultraljubičasto zračenje nam šteti, uzrokuje rak ako se dugo izlažemo na suncu, a nitko ne spominje njegove benifite. Kao što se vidi iz priloženog ima ljudi koji se nisu dali smesti te su odgovorili da nema prednosti od ultraljubičastog zračenja (graf 3.13.). Svi ponuđeni odgovori osim zadnjeg su namjerno stavljeni. U kontroliranim i umjerenim uvjetima imamo prednosti kod ultraljubičastog zračenja. Ako gledamo iz perspektive školskog učenja jedini očekivani odgovor bi bio sintetiziranje vitamina D jer se već i iz biologije uči da nemamo prirodni izvod vitamina D, nego nam je potrebno Sunce da bi ga se stvorilo u nama. Zato djeca najviše narastu preko ljeta jer su većinu svog vremena izloženi Suncu, a vitamin D je jedan od faktora za rast.



Graf 3.14.: Analiza četrnaestog pitanja za profesore

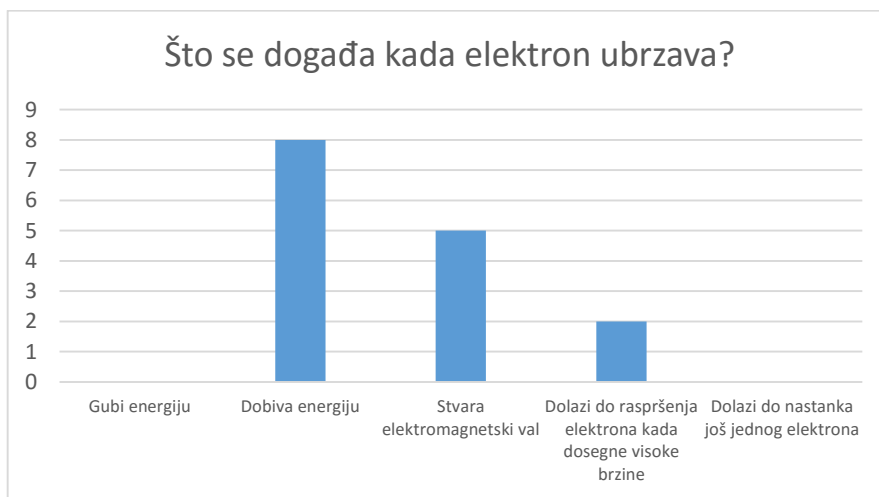
Ovdje sam očekivao da će najzastupljeniji dogovor biti da gama zrake stvaraju rak jer ljudi kao i za x zrake stalno slušaju u svakodnevnom životu da to treba izbjegavati, da je to loše za naš život i zdravlje. Anketa je i pokazala da je to najčešće odabran odgovor (graf 3.14.). Ispitanici ne znaju da u kontroliranim uvjetima i loše stvari mogu biti korisne. Do odgovora da gama zrake služe za snimanje kostiju su došli vrlo vjerojatno miješajući gama zrake s x zrakama koje nam služe za snimanje naše unutrašnjosti u tijelu, tako i za snimanje kostiju.



Graf 3.15.: Analiza petnaestog pitanja za profesore

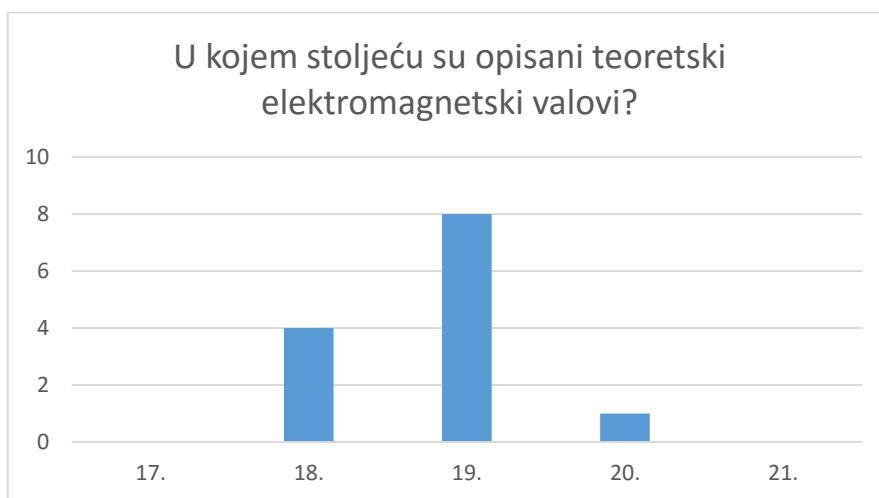
Ovdje nisam imao nikakva očekivanja koji će odgovor biti najzastupljeniji jer mala količina ljudi barata osnovnim dijelovima strujnog kruga jer se tokom školovanja prvenstveno koncentriraju samo na računanje vrijednosti, a jako malo što se događa s pojedinim komponentama u strujnom krugu kada kroz njih protječe električna struja. Kada uče titranja samo na kratko se spomene titranje električnog strujnog kruga. Kod titranja

strujnog kruga samo se usput spomene da stari radi prijamnici su radili tako da se je u njima podešavale vrijednosti induktiviteta zavojnice i kapacitet kondenzatora. Na pitanje su svi odgovori, osim diode i otpornika, podjednako zastupljeni (graf 3.15.). Kroz razgovor s ispitanicima sam dobio dojam da imaju averziju prema električnoj struji i općenito prema elektrotehnici. Čim su pročitali pitanje odmah su komentirali da to ne znaju i zaokružili nasumično odgovor. Tako da ovo pitanje možda nije pravi odraz njihova znanja.



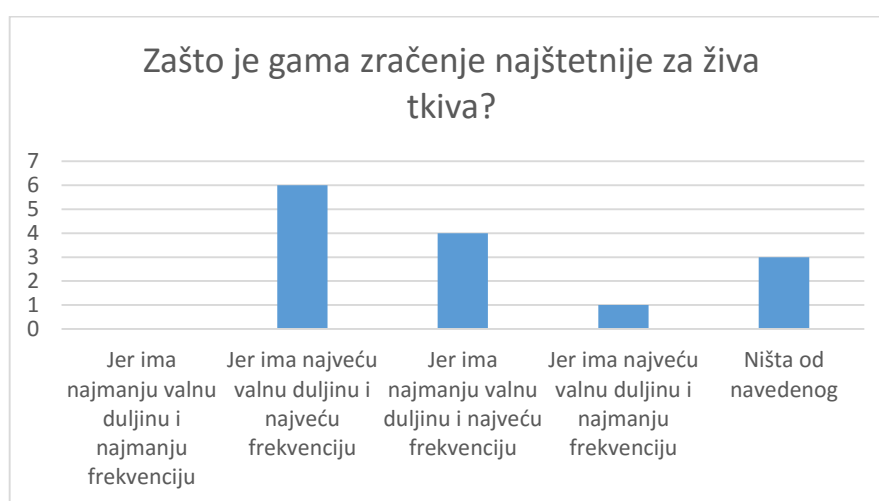
Graf 3.16.: Analiza šesnaestog pitanja za profesore

Nekolicina ispitanika je zaokružilo odgovor da nastaje elektromagnetski val, par njih se odlučilo na taj odgovor jer je tema ankete elektromagnetski val, a nekolicina ih se prisjetila iz svoga školovanja (graf 3.16.). Većina ih se odlučila za odgovor da dobiva energiju jer su se povelj životnim iskustvom da što više energije uložimo u nešto da će mu neka druga vrijednost rasti, u ovom slučaju brzina. Kada sam ih upitao odakle dobiva energiju nisu mi znali odgovoriti.



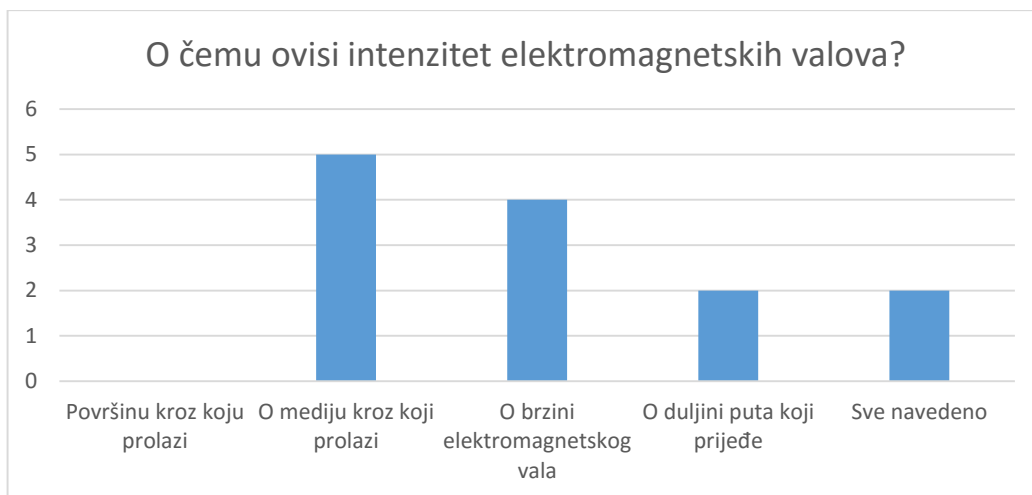
Graf 3.17.: Analiza sedamnaestog pitanja za profesore

Mislim da su ispitanici odgovor na ovo pitanje izabrali nasumično (graf 3.17.). Većina ispitanika se odlučilo za točan odgovor. Mislim da je bitno što su ispitanici ipak otprilike znali smjestiti u ispravan povijesni kontekst. Uz kasniji razgovor sam saznao da vrlo malo ili nimalo znaju tko se od fizičara bavio elektromagnetskim valovima. Nisu ni znali da je Nikola Tesla jedan od najznačajnijih ljudi koji su u svojim znanstvenim i eksperimentalnim radovima i otkrićima koristio upravo elektromagnetskim valovima prvo u teoriji pa potom i u praksi. Tesla je već u svoje doba mogao i znao upravljati brodom na vodi preko daljinskog upravljača šaljući iz daljinskog upravljača (emiter) elektromagnetski val (signal) do broda (prijamnika) da pokrene pojedine releje i motore da se brod počne gibati u željenom smjeru.



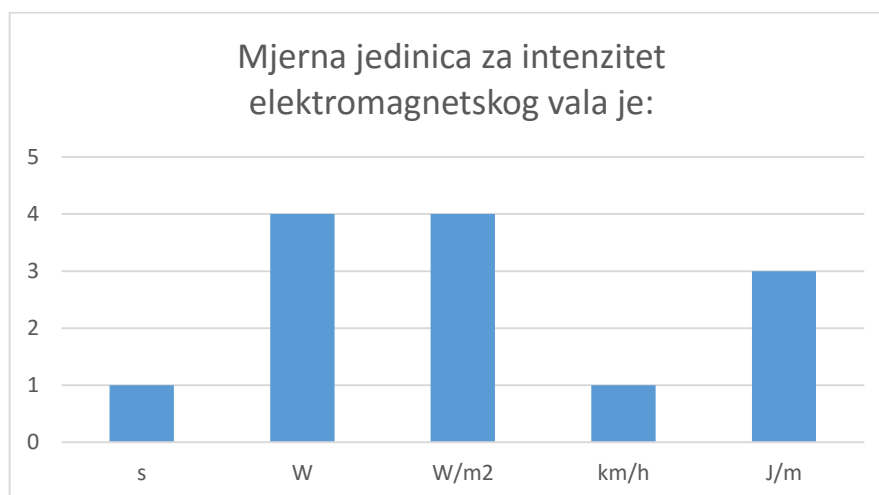
Graf 3.18.: Analiza osamnaestog odgovora za profesore

Ispitanici su znali da je gama zračenje štetno za organizme, ali ne i zašto. U razgovoru s njima, došao sam do zaključka da se nitko od njih se nije sjetio upotrijebiti energiju kvanta i to povezati s frekvencijom. A na primjer su sami izjavili da velike količine energije nisu dobre za naš organizam. Dakle iz svog školovanja se ne sjećaju veze između energije zračenja i frekvencije tako da ovo pitanje se možda ne bi trebao uzeti kao relevantno jer je ovako raspodjela odgovora nastala pogađanjem (graf 3.18.)



Graf 3.19.: Analiza devetnaestog pitanja za profesore

Iznenadujuće je da nitko od ispitanika nije zaokružio točan odgovor (graf 3.19.). Većina njih u svakodnevnom životu koristi riječ intenzitet u krivom značenju pa je to i uzrokovalo ovakvu raspodjelu odgovora. U razgovoru s njima došao sam do zaključka da je njima intenzitet povezan sa jačinom udarca ili koliko nešto jako se ističe, na primjer boja ima jak intenzitet.



Graf 3.20.: Analiza dvadesetog pitanja za profesore

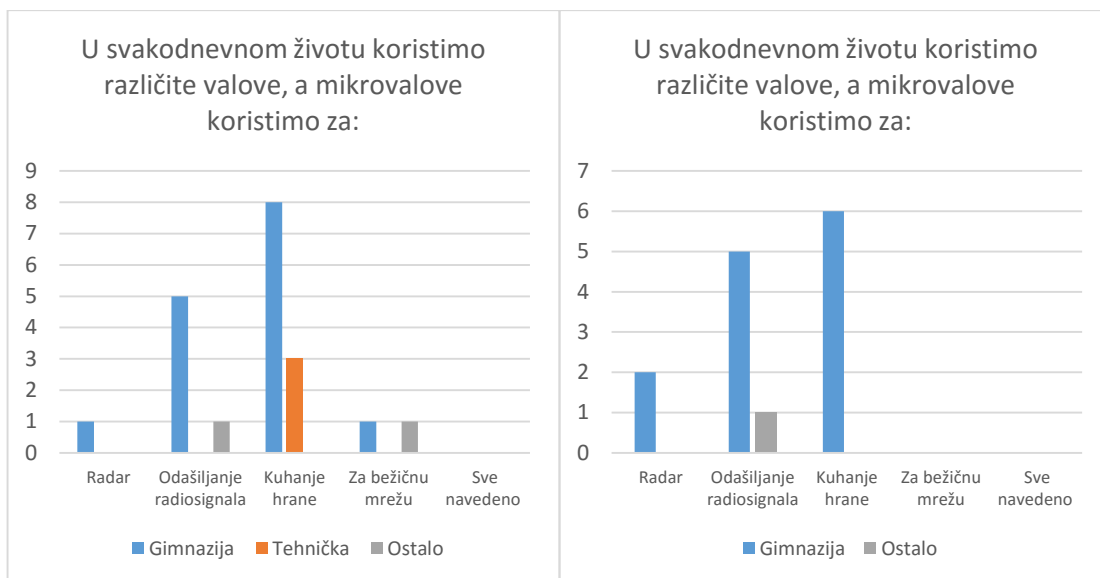
Ovo zadnje pitanje mi se je činilo kao najlakše, da će većina odgovoriti točno, ali se je ispostavilo da nije baš tako lako. Ljudi u svakodnevnom životu barataju samo s malim brojem mjernih jedinica kao što su sekunda, metar, kilogram, kilometar na sat i sl. A jedinice kao što su vat koriste samo kod žarulja pa su u tom pogledu dosta njih i izabralo odgovor da je mjerna jedinica za intenzitet vat (graf 3.20.). Izabrali su jer što žarulja ima više vata to će jače svijetliti i imat će veći intenzitet. Nekolicina njih je odgovorila točno na pitanje, ali su išli principom eliminacije.

3.2. Analiza ankete za učenike

U ovom poglavlju je napravljena analiza učeničkih odgovora na anketu (prilog 1). Anketu sam učenicima dao online da rješavaju tako da, osim odgovora na pitanje, nemam ostalih povratnih informacija. Problem je bio što sam anketu objavio na internet kad su učenicima već počeli praznici, stoga nemam veliki broj ispitanika. Ukupno je 29 ispitanika koji uključuju učenike trećih i četvrtih razreda srednje škole. Dobiveni podaci zbog malog broja nisu relevantni za donošenje generalnih zaključaka, ali se ipak može vidjeti s čime učenici imaju najviše probleme kad su u pitanju elektromagnetski valovi.

Zanimalo me ima li razlike u znanju iz elektromagnetski valova učenika iz gimnazija, tehničkih škola te ostalih škola. Posebno sam naglasio gimnazije i tehničke škole jer bi oni nakon završenog školovanja trebali imati podjednako znanje ako gledamo satnicu fizike. Neke tehničke škole imaju stručne predmete na kojima se obrađuje dosta gradiva iz fizike, na primjer elektrotehnika, mehanika, optika i slično. Ostale škole imaju manju satnicu fizike pa zbog toga nisam posebno kategorizirao te škole. Drugo me zanimalo ima li razlike u odgovorima između muških i ženskih ispitanika jer mislim da ima pitanja koja bi bolje mogli odgovoriti jedni, a neka druga drugi.

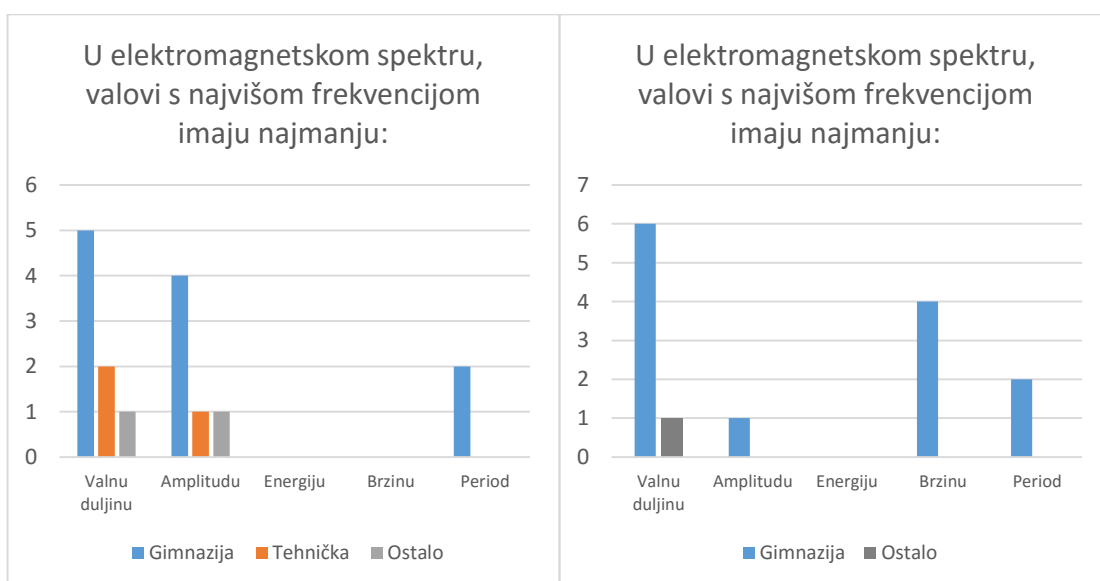
Iz gimnazija imam ukupno 23 ispitanika, od toga 10 muških i 13 ženskih ispitanika, iz tehničkih škola imam 3 muška ispitanika i iz ostalih škola ukupno 3 ispitanika, od toga 2 muških ispitanika i 1 ženski ispitanik. Zbog toga u rezultatima vidim najbolje poteškoće gimnazijalaca prilikom razumijevanja elektromagnetski valova, dok rezultati za tehničke i ostale škole nisu relevantni zbog uistinu premalog broja ispitanika. Međutim u grafovima sam ostavio sve tri podjele škola, tako da se ipak vide moguće poteškoće učenika iz ostalih škola. Što se tiče muških i ženskih ispitanika, tu je broj ispitanika podjednak, što je dobro za analizirati razlike u zaključivanju između spolova.



Graf 3.221.: Analiza prvog pitanja za muške ženske ispitanike

Graf 3.222.: Analiza prvog pitanja za ženske ispitanike

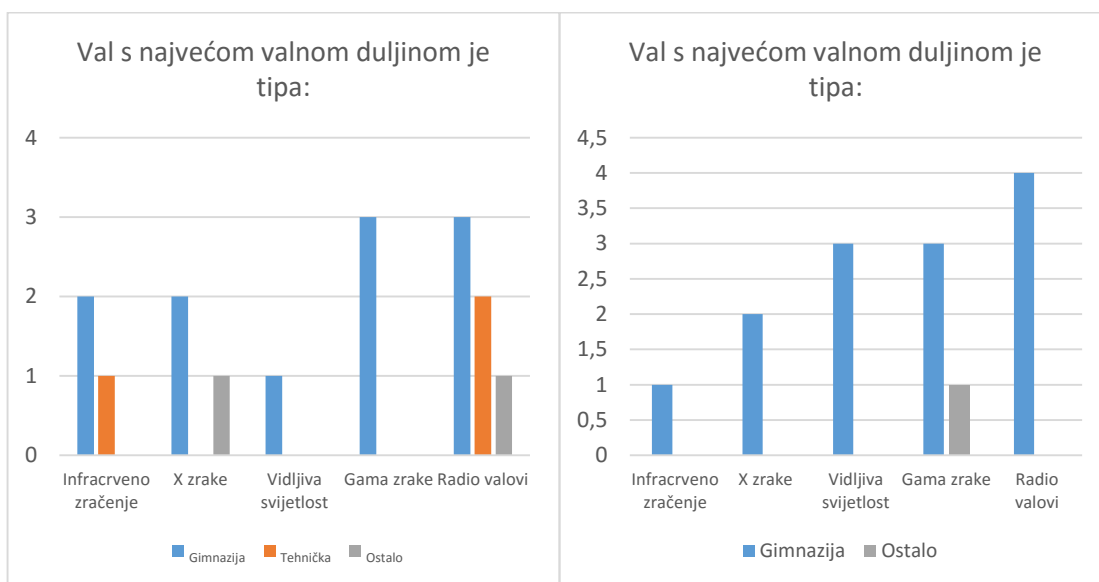
Iz grafa 3.21. i 3.22. vidimo da je ukupno četrnaest točnih odgovora iz gimnazije i tri iz tehničkih škola, dok ispitanici iz ostalih škola nisu odgovorili uopće točno. Na grafovima je također vidljivo da se dosta ispitanika odlučilo za odgovor odašiljanje radiosignala. Zanimljivo je da su svi ispitanici iz tehničkih škola ponudili točan odgovor. Očekivao sam dosta bolje riješeno ovo pitanje od strane gimnazijalaca. Mislim da su se učenici dosta odlučivali za odgovor, odašiljanje radiosignala, jer je to pojam koji su često čuli i znaju da je za to potrebna neka vrsta vala. Kad napravim usporedbu između dva grafa, odnosno između ženskih i muških ispitanika, vidim da imaju podjednake poteškoće.



Graf 3.223.: Analiza drugog pitanja za muške ispitanike

Graf 3.224.: Analiza drugog pitanja za ženske ispitanike

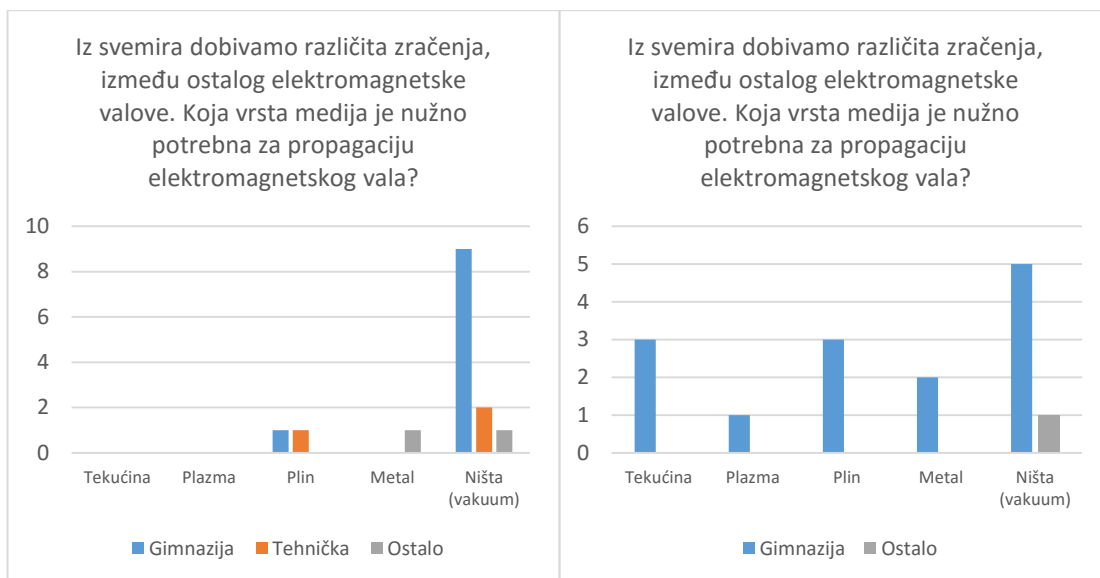
U ovom pitanju su dva točna odgovora, valna duljina i period. Za odgovor valna duljina je kliknulo ukupno jedanaest gimnazijalaca, dva tehničara te dva ispitanika iz ostalih škola kao što je vidljivo iz grafova 3.23. i 3.24.. Za period se odlučilo samo četvero gimnazijalaca. Međutim veliki broj gimnazijalaca je uz odgovor valna duljina ili period, odlučilo za odgovor amplituda i to čak pet ispitanika te četiri ispitanika za brzinu. Mislim da ti odgovori pokazuju da učenici ne razumiju vezu između frekvencije i valne duljine te frekvencije i perioda. Zbog ovako raznolikih odgovora, mišljenja sam da je dio učenika pogadao odgovore. Nijedan učenik iz tehničke škole ili iz ostalih škola nije odgovorio period što je drugi točan odgovor. Kad pogledam usporedbu po spolu, ne vidim razliku u odgovorima.



Graf 3.225.: Analiza trećeg pitanja za muške ispitanike

Graf 3.226.: Analiza trećeg pitanja za ženske ispitanike

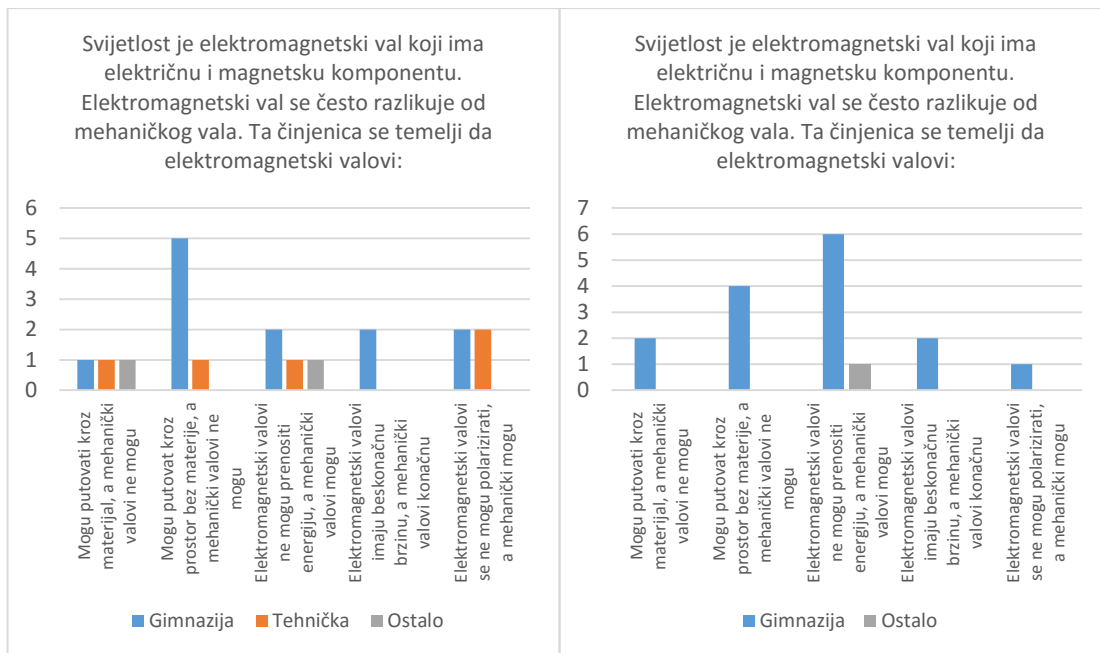
Iz grafova 3.25. i 3.26. vidljivo je da je točan odgovor odabran ukupno deset puta, od toga sedam gimnazijalaca, dvoje ispitanika iz tehničkih škola i jedan iz ostalih škola. Idući najzastupljeniji odgovor je gama zrake i taj odgovor je odabran sedam puta. Ova raspodjela se može objasniti tako što učenici znaju da se radiovalovi i gama zrake nalaze na rubovima spektra, ali nisu sigurni je li najveća ili najmanja valna duljina. Za ostale distraktore mislim da su se odlučili učenici koji se ne sjećaju spektra elektromagnetskih valova nego samo pamte pojedine nazive. Od troje ispitanika iz tehničkih škola, dvoje ih se odlučila za točan odgovor. Kod usporedbe između muških i ženskih ispitanika ne vidim neku bitnu razliku u odgovorima.



Graf 3.227.: Analiza četvrtog pitanja za muške ispitanike

Graf 3.228.: Analiza četvrtog pitanja za ženske ispitanike

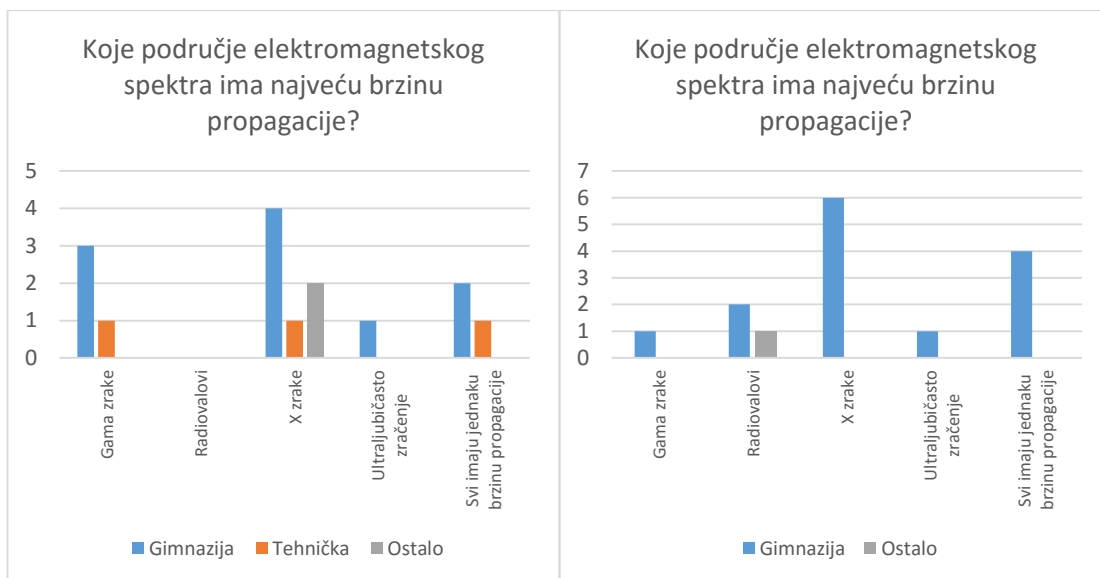
Iz grafova 3.27. i 3.28. se vidi da je osamnaest točnih odgovora, to jest da je odgovoreno ništa (vakuum). Za točan odgovor se odlučilo ukupno četrnaest gimnazijalaca, dvoje iz tehničkih škola te dvoje iz ostalih škola. Iako je većina gimnazijalaca odgovorila ispravno, veliki broj gimnazijalaca se odlučilo i za ostale odgovore što znači da to gradivo nisu usvojili s razumijevanjem. Kod usporedbe između spolova, uočavam veliku razliku. Broj muških ispitanika, koji su se odlučili za jedan od distraktora je troje, dok je broj ženskih ispitanika, koji su se odlučili za distraktore, vidno veći i jednak devet. Zanimljivo je i da su ženske ispitanice se skoro podjednako odlučile za ponuđene distraktore. Moguće je da su ženski ispitanici imali problema sa značenjem riječi propagacija.



Graf 3.229.: Analiza petog pitanja za muške ispitanike

Graf 3.30.: Analiza petog pitanja za ženske ispitanike

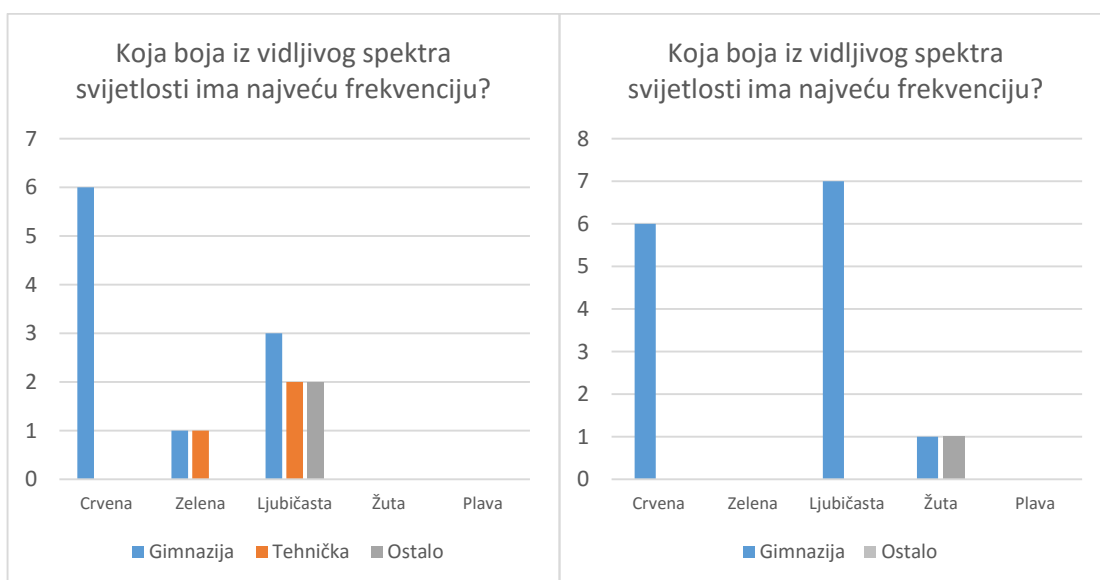
Na ovo pitanje je točno odgovoreno deset puta što je vidljivo iz grafova 3.29. i 3.30. Od toga je devet gimnazijalaca i jedan iz tehničke škole. Ispitanici iz ostalih škola nisu točno odgovorili na ovo pitanje. Najčešći odgovor na koji se odlučilo jedanaest ispitanika je da elektromagnetski valovi ne mogu prenositi energiju, a mehanički valovi mogu. Mislim da je tu bio problem jer još od osnovne škole učenici uče kako mehanički valovi prenose energiju pa su u to bili sigurni da je točno i zbog toga se odlučili na taj odgovor bez obzira na prvi dio rečenice u odgovoru. U usporedbi između muških i ženskih ispitanika vidljivo je da je veći broj muških ispitanika točno odgovorilo i to dva ispitanika više, a veći broj se ženskih ispitanika odlučilo za najčešći odgovor koji je pogrešan i to troje ispitanika više. Međutim neke bitne razlike u raspodjeli odgovora nema.



Graf 3.31.: Analiza na šesto pitanje za muške ispitanike

Graf 3.32.: Analiza na šesto pitanje za ženske ispitanike

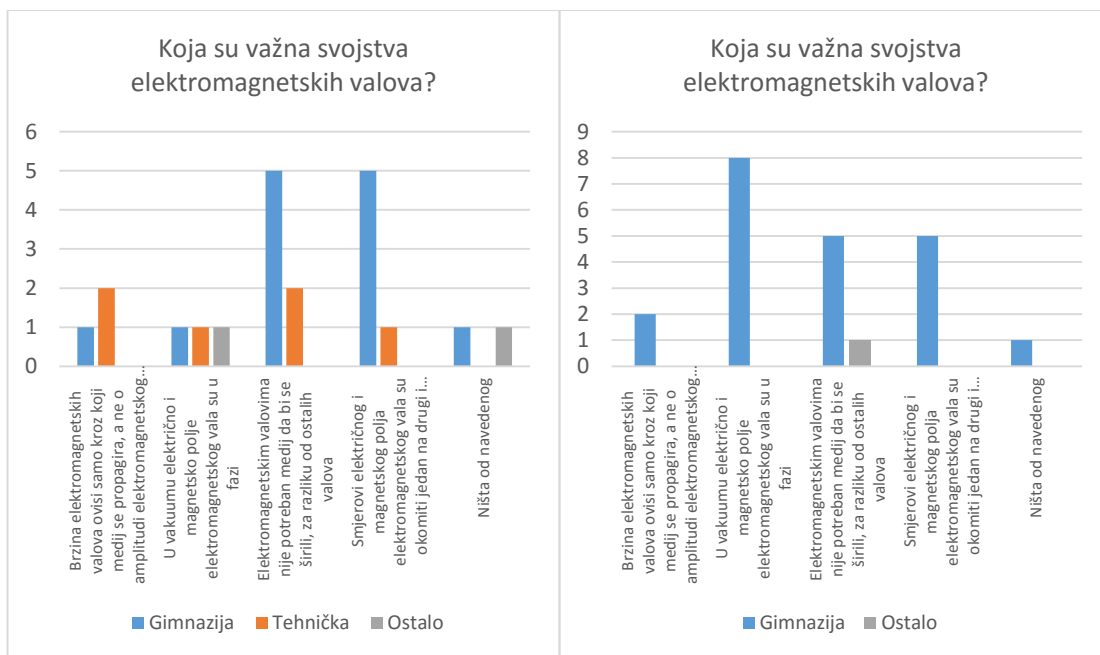
Iz grafova 3.31. i 3.32. je vidljivo da je točno odgovorilo sedam ispitanika. Od toga je šest gimnazijalaca i jedan iz tehničke škole. Nijedan učenik iz neke od ostalih škola nije točno odgovorio. Najčešći odgovor je x zrake i to je odgovoreno trinaest ispitanika i od toga deset gimnazijalaca. Očito je da učenici ne razumiju da je brzina elektromagnetskih valova konstantna, nego brzinu nekako pokušavaju povezati s valnom duljinom i frekvencijom elektromagnetskog vala. Iz tog razloga, učenici su često mislili da je distraktor zapravo točan odgovor. U odgovaranju između muških i ženskih ispitanika nema uočljive razlike.



Graf 3.33.: Analiza sedmog pitanja za muške ispitanike

Graf 3034.: Analiza sedmog pitanja za ženske ispitanike

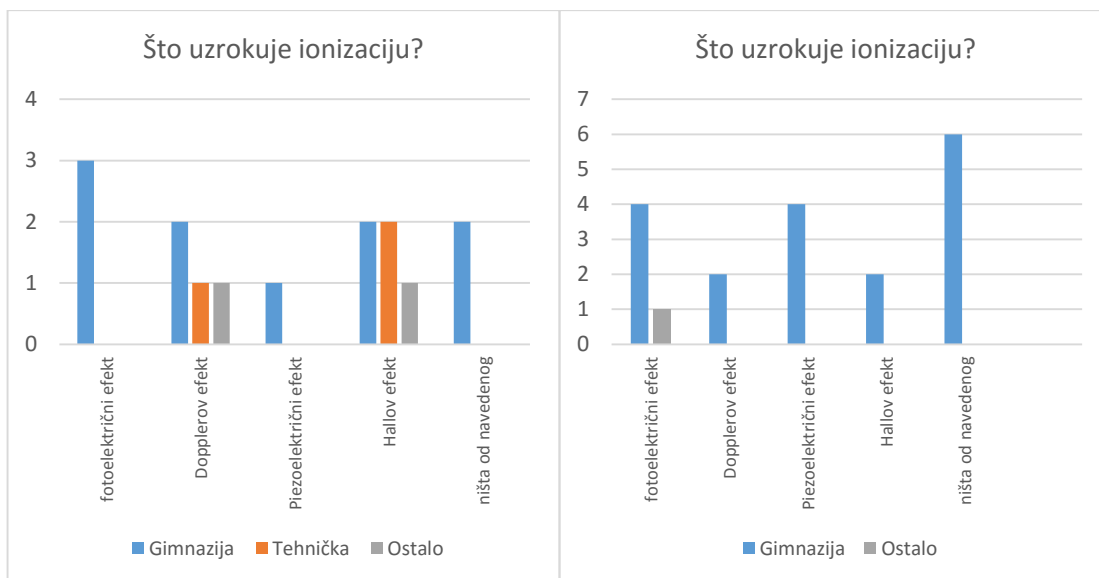
Iz 3.33. i 3.34. grafa vidljivo je da se četrnaest ispitanika odlučilo za ljubičastu boju što je točan odgovor. Od toga je deset gimnazijalaca, dvoje iz tehničke škole i dvoje iz ostalih škola. Točan odgovor je i najčešće biran odgovor. Idući odgovor po broju klikova je crvena boja i to je ukupno odgovorilo dvanaest ispitanika i to sve gimnazijalci. Vidljivo je da su se gimnazijalci najčešće dvoumili između crvene i ljubičaste boje. Vjerojatno su učenici zapamtili da su crvena i ljubičasta na rubu vidljivog spektra. Ne vidim razliku između odgovora muških i ženskih ispitanika.



Graf 3.35.: Analiza osmog pitanja za muške ispitanike

Graf 3.36.: Analiza osmog pitanja za ženske ispitanike

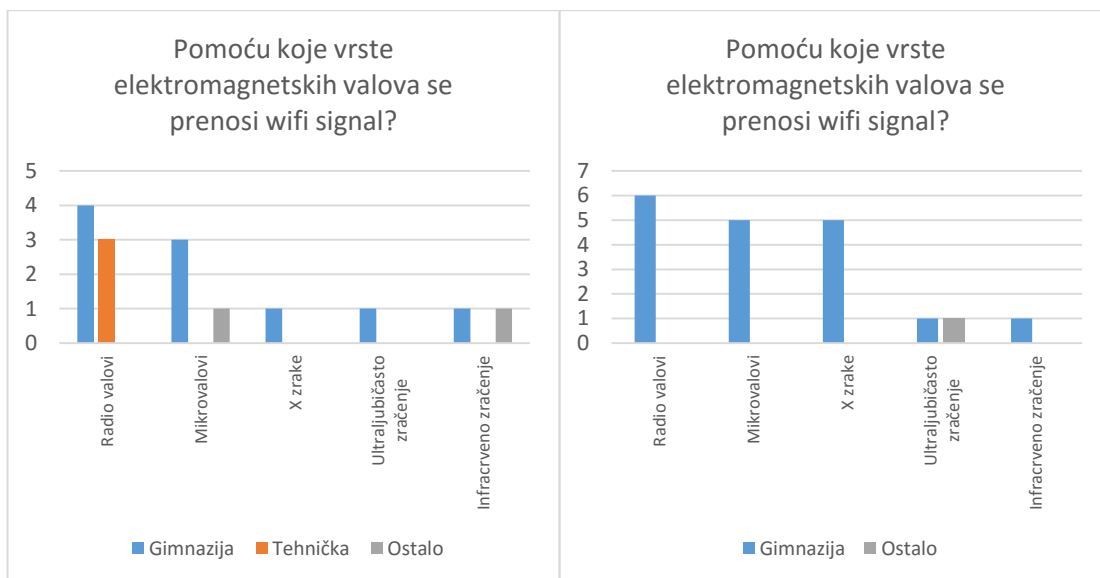
Ovo pitanje ima četiri točna odgovora te bi da učenici znaju sva svojstva elektromagnetskih valova svi trebala biti jednako zastupljeni. Međutim iz grafova 3.35. i 3.36. vidimo raznolik raspodjelu odgovora. Najveći broj gimnazijalaca se dvoumio između odgovora elektromagnetskim valovima nije potreban medij da bi se širili, za razliku od ostalih valova i smjerovi električnog i magnetskog polja elektromagnetskog vala su okomiti jedan na drugi i okomiti su s obzirom na smjer širenja vala, to jest elektromagnetski val je transverzalni val te se za svaki od njih odlučilo po deset gimnazijalaca. Ispitanici iz tehničkih i ostalih škola su podjednako birali sve odgovore. Zanimljivo je da nijedan ispitanik nije znao za četiri svojstva elektromagnetskog vala. Kod analize između 3.35. i 3.36. grafa nisam uočio bitnije razlike u razumijevanju i zaključivanju.



Graf 3.37.: Analiza devetog pitanja za muške ispitanike

Graf 3.38.: Analiza devetog pitanja za ženske ispitanike

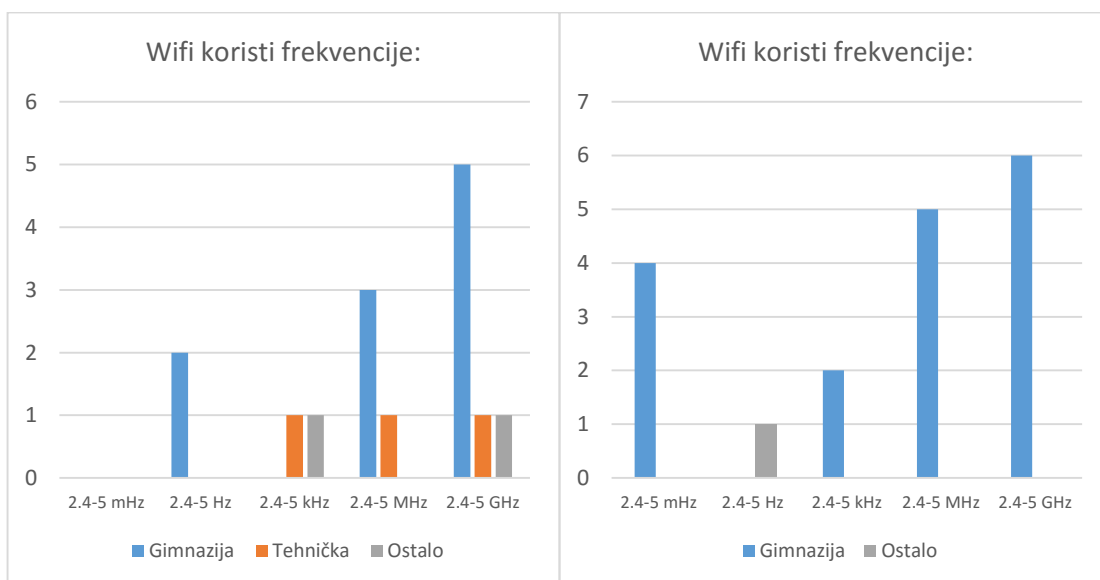
Na ovo pitanje, svi odgovori su skoro podjednako zastupljeni kao što je vidljivo iz grafova 3.37. i 3.38.. Za točan odgovor se odlučilo sedam gimnazijalaca i jedan ispitanik iz neke od ostalih škola. Nijedan učenik iz tehničke škole nije točno odgovorio. Ovako podjednako zastupljeni odgovori pokazuje da učenici ne znaju što uzrokuje ionizaciju, ali ni što predstavljaju ostali efekti. Najviše odgovora je imao točan odgovor i odgovor ništa od navedenog što može ukazivati na to da su učenici išli metodom eliminacije i prvo eliminirali odgovore za koje su bili sigurni da nisu točni, međutim eliminirali su i fotoelektrični efekt pa zaključujem da ne povezuju ionizacija s fotoelektričnim efektom. U usporedbi muških i ženskih ispitanika nema nekih većih razlika u odgovorima. Točno je odgovorilo troje muških ispitanika i petero ženskih ispitanica.



Graf 3.39.: Analiza desetog pitanja za muške ispitanike

Graf 3.40.: Analiza desetog pitanja za ženske ispitanike

Najviše ispitanika, trinaest se odlučilo za točan odgovor radiovalovi što je vidljivo iz grafova 3.39. i 3.40.. Svi ispitanici iz tehničkih škola su odgovorili točno, što sam i očekivao pošto o tome uče i na stručnim predmetima, a ne samo na nastavi fizike. Dok nijedan ispitanik iz ostalih škola nije točno odgovorio. Iznenađen sam jer se velik broj gimnazijalaca odlučio za mikrovalove i x zrake. Kad gledam usporedbu između muških i ženskih ispitanika ne vidim neku razliku, osim što se četiri ženska ispitanika više odlučilo za x zrake.

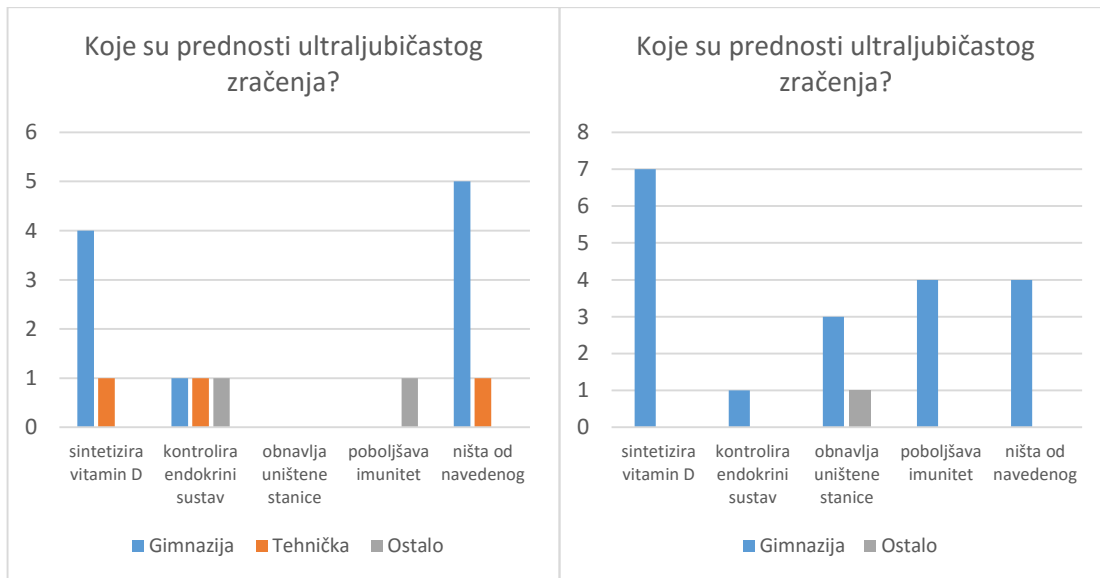


Graf 3.41.: Analiza jedanaestog pitanja za muške ispitanike

Graf 3.42.: Analiza jedanaestog pitanja za ženske ispitanike

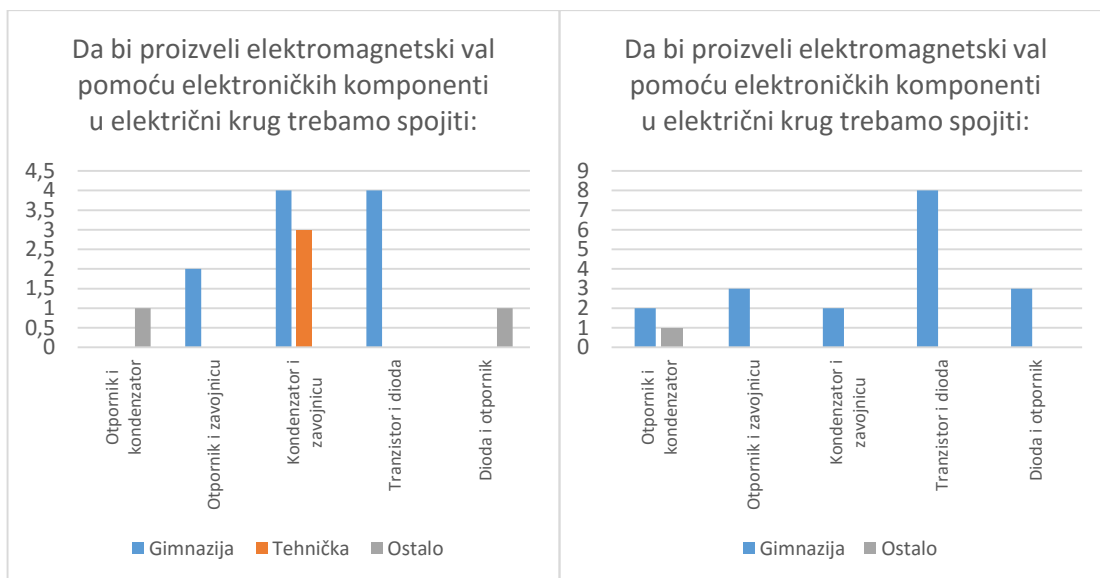
Iz grafova 3.41. i 3.42. vidljivo je da su svi odgovori zastupljeni. Za točan odgovor se odlučilo trinaest ispitanika i od toga jedanaest gimnazijalaca i po jedan iz tehničke i

ostalnih škola. Na ovo pitanje sam očekivao da će učenici tehničkih škola bolje odgovoriti jer bi njima taj podatak trebao biti poznatiji jer ga češće koriste. Zbog raznolikih odgovora, mislim da su učenici pogađali odgovore, ako nisu znali točan. Kod usporedbe po spolu primjećujem da nema neke uočljive i bitne razlike u odgovorima.



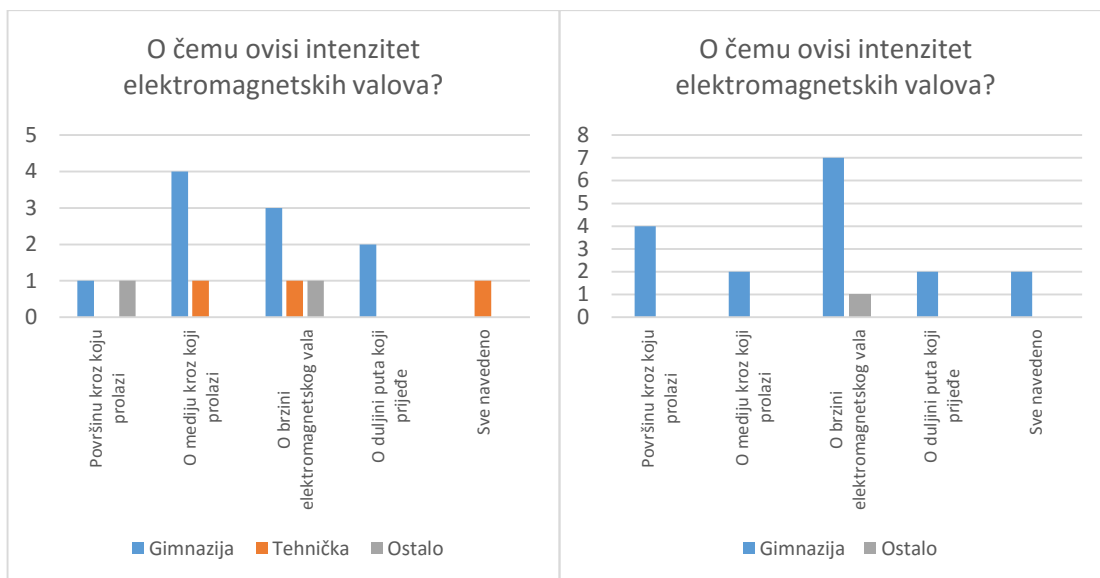
Graf 3.43.: Analiza dvanaestog pitanja za muške ispitanike Graf 3.31.: Analiza dvanaestog pitanja za ženske ispitanike

Na ovo pitanje postoje četiri točna odgovora, međutim iz grafova 3.43. i 3.44. vidimo da odgovori nisu podjednako raspoređeni kako bi bilo za očekivati. Najviše učenika se odlučilo za odgovor sintetizira vitamin D i to jedanaest gimnazijalaca i jedan učenik iz tehničke škole. Pretpostavljam da se tog podatka učenici sjećaju sa satova biologije, a ne s nastave fizike. Za odgovor obnavlja uništene stanice se odlučilo četvero ispitanika što pokazuje da učenici ne znaju za beneficije zračenja nego samo za štetnost. Gledajući usporedbu između muških i ženskih ispitanika uočio sam da nijedan muški ispitanik nije znao za beneficije zračenja, to jest da obnavlja uništene stanice dok je to znalo čak četvero ženskih ispitanika. Ostale razlike u odgovorima ne smatram bitnima i utemeljenim na spolnoj razlici.



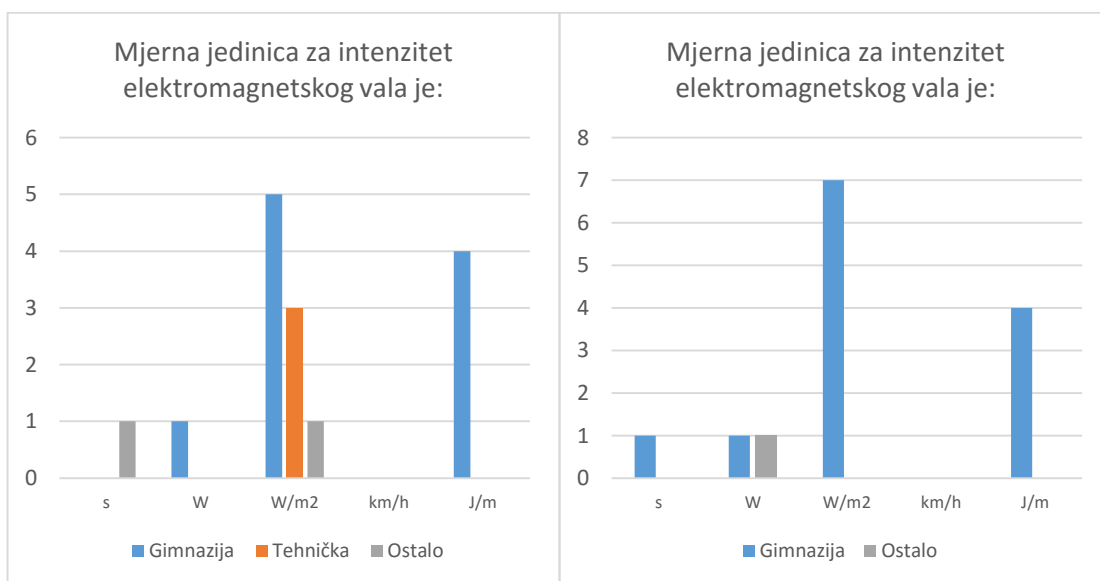
Graf 3.45.: Analiza trinaestog pitanja za muške ispitanike *Graf 3.46.: Analiza trinaestog pitanja za ženske ispitanike*

Na ovo pitanje je devet točnih odgovora što je vidljivo iz grafova 3.45.i 3.46. Očekivano svi ispitanici iz tehničke škole su znali točan odgovor. U tehničkim školama se ovo gradivo uči još i na elektrotehnici pa su više puta to spominjali. Iznenadilo me da je dvanaest gimnazijalaca mislilo da je točan odgovor tranzistor i dioda. Mislim da ih je taj odgovor privukao jer su čuli za tranzistor, a ne znaju njegovu točnu funkciju u strujnom krugu. Nijedan učenik iz ostalih škola nije točno odgovorio. Kod usporedbe muških i ženskih ispitanika vidljivo je da su muških dosta bolje odgovorili na ovo pitanje od ženskih ispitanika. Taj rezultat nažalost ide u prilog stereotipnom mišljenju, prisutnom u našem društvu, da žene znaju malo o struji.



Graf 3.32.: Analiza četrnaestog pitanja za muške ispitanike Graf 3.33.: Analiza četrnaestog pitanja za ženske ispitanike

Iz grafova 3.47. i 3.48. vidi se da je točno odgovorilo samo šestero ispitanika i to petero gimnazijalaca i jedan ispitanik iz ostalih škola. Očekivao sam da će ispitanici iz tehničkih škola bolje riješiti ovo pitanje, a zapravo nijedan ispitanik nije ponudio točan odgovor. Najviše ispitanika i to njih trinaest se odlučilo za odgovor o brzini elektromagnetskog vala. Smatram da je veliki broj učenika pogrešno odgovorio zbog krive upotrebe riječi intenzitet u svakodnevnom životu. Prilikom usporedbe odgovora muških i ženski ispitanika, nisam uočio neke bitne razlike. Tri ženska ispitanika više su točno odgovorila u usporedbi s muškim ispitanicima.



Graf 3.49.: Analiza petnaestog pitanja za muške ispitanike Graf 3.50.: Analiza petnaestog pitanja za ženske ispitanike

Šesnaest je ispitanika odgovorilo točno na ovo pitanje što je vidljivo iz grafova 3.49. i 3.50.. Zanimljivo je kako je na prethodno pitanje točno odgovorilo samo šestero ispitanika, a sad se broj točnih odgovora povećao. Iz tog razloga vjerujem da su učenici ovdje koristili metodu eliminacije. Dvanaestoro gimnazijalaca je točno odgovorilo, svo troje ispitanika iz tehničkih škola i samo jedan ispitanik iz ostalih škola. Nijedan se ispitanik nije odlučio za *km/h*, što sam očekivao jer se s tom mjernom jedinicom susreću svakodnevno. Iskreno sam neugodno ostao iznenađen da je dvoje ispitanika mislilo da je točan odgovor sekunda, i to jedan gimnazijalac i ispitanik iz ostalih škola. Dva muška ispitanika više su točno odgovorila u usporedbi s ženskim ispitanicama, ali u principu nema neke bitne razlike u davanim odgovorima. Zanimljivo je jedino kako je prethodno pitanje više točno odgovorilo ženski ispitanika, a na ovo pitanje muški ispitanici, a dva pitanja su usko povezana.

4. Primjena u nastavi fizike u srednjim školama

4.1. Zaključak istraživanja i implikacije za nastavu fizike

Zaključak istraživanja provedenog s profesorima je da koriste i barataju s vrlo malo informacija o elektromagnetskim valovima, odnosno nisu ni svjesni da svakodnevno koriste elektromagnetske valove. Sami su zaključili da bi trebalo s učenicima raditi na primjeni elektromagnetskih valova u svakodnevnom životu i približiti im ih. Sami nastavnici su priznali da imaju problema s vizualizacijom i primjenom elektromagnetskih valova u životu.

Kod analize učeničkih odgovora uočio sam da učenici imaju problema s osnovnim konceptima vezanim uz elektromagnetske valove. Iz rezultata je vidljivo da učenici, nakon obrađenog gradiva, još ne znaju spektar elektromagnetskih valova. Poznavanje veza između frekvencije i valne duljine te frekvencije i energije je slabo. Učenici se sjećaju samo naziva vezanih u elektromagnetske valove, ali ne i značenja pojmova i veza između njih.

Ova anketa je pokazala da je učenicima tema elektromagnetskih valova, koja se obrađuju u trećem razredu srednje škole, izuzetno teška. Od gradiva koje uče, ne zapamte mnogo toga. Učenici, koje se odluče za prirodoslovne i tehničke fakultete, nemaju dovoljnu količinu predznanja. Zbog svega toga, mišljenja sam da bi trebalo uvesti promjene u nastavu fizike. Na metodikama fizike, nas uče da bi nastavu trebalo provoditi interaktivno, dok je u hrvatskim školama i dalje najviše zastupljen predavački način držanja nastave. S toga u idućem podnaslovu donosim kako bi se mogao provesti jedan sat vezan uz elektromagnetske valove interaktivno.

4.2. Priprema za interaktivno izvođenje sata na temu Spektar i nastanak elektromagnetskih valova

Znate li kako se ostvaruje bežična internetska veza?

Veza se ostvaruje pomoću signala.

Što je signal?

Signal je neka vrsta impulsa ili informacija koju prenosimo.

Koje vrste signala znate?

Zvučni signal, svjetlosni signal, televizijski signal i dr.

Možete li mi dati neke primjere za nabrojane signale?

Zvučni- govor, glazba

svjetlosni- semafor

televizijski signal- tv slika na televizoru

Kako ti signali dolaze do nas?

Zrakom, žicom...

Od čega se sastoje zrak ili žici?

Od čestica

Za što su nam zaslužne čestice? Sjetite se valova

Titranjem čestica prenosi se energija.

Što nam prenosi energiju?

Valovi.

Kroz što nam dolaze signali iz svemira?

Dolaze kroz vakuum.

U svemiru se nalazi prazan prostor, tj. vakuum. Kako onda mi dobivamo signal iz svemira ako nemamo tamo čestica koje bi nam prenosile?

Dobivamo posebnom vrstom valova

Ta posebna vrsta valova zovu se elektromagnetski valovi

Naslov današnje teme je Elektromagnetski valovi

Što mislite od čega se sastoje elektromagnetski valovi?

Elektromagnetski val se sastoji od električnog i magnetskog vala

Kako se naziva prostor gdje djeluje električni val ili magnetski val?

Zove se električno polje i magnetsko polje

Znate li neku vrstu elektromagnetskog vala. Što nam dolazi is svemira?

Svijetlost, toplina, ultraljubičasto zračenje

Koje još znate? Za što nam služe ti svi sateliti u svemiru'

Sateliti nam služe da dobijemo poziciju za navigaciju, televiziju iz udaljenih zemalja, komunikaciju astronauta s NASA-om i sl.

Što mislite kako se zove ta vrsta elektromagnetskog vala?

Ta vrsta elektromagnetskog vala zove se radiovalovi, televizijski valovi

Jednim nazivom tu vrstu elektromagnetskih valova zovemo radiovalovi

Kada nažalost strgate ruku, na što idete u bolnicu da vide kakvo je stanje kostiju ruke?

Na slikanje.

Kako se zove ta vrsta slikanja?

Rendgensko slikanje

Što mislite kakva se vrsta elektromagnetskog vala koristi za slikanje ruke?

Rendgenski valovi

Znate li još koji primjer gdje se koriste elektromagnetski valovi?

Zračenje, uništavanje raka.

Za uništavanje raka koristimo gama valove.

Što mislite kakvu vrstu elektromagnetskih valova koristimo kada želimo daljinskim upravljačem promijeniti program na televiziji?

Infracrveno zračenje

Kada želimo ugrijati vodu za čaj u mikrovalnoj pećnici kakvu tamo koristimo vrstu elektromagnetskog vala?

U mikrovalnoj pećnici koristimo mikrovalove

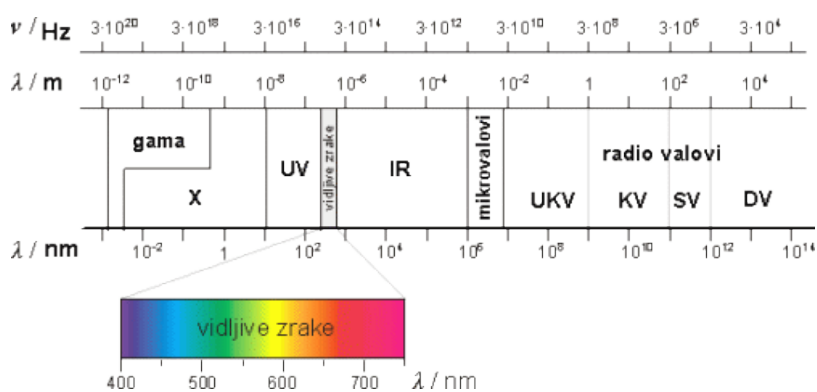
Možete li mi sada navesti sve vrste elektromagnetske valove koje smo danas spominjali?

Rendgenski valovi, gama valovi, mikrovalovi, svjetlost, ultraljubičasto zračenje, radiovalovi i infracrveno zračenje.

Koja svojstva valova znate?

Valna duljina i frekvencija

Sada ćemo naše elektromagnetske valove smjestiti po redu po valnoj duljini (slika 4.1.).



Slika 4.1.: Elektromagnetski spektar. Preuzeto s [8]

Što mislite kako nastaje elektromagnetski val?

Učenici iznose svoje pretpostavke.

Sada ćemo vaše pretpostavke ispitati pokusom.

Pokus 1. Teslina radio antena

Za pokus nam je potrebo slijedeće od opreme: sklopka, dvije zavojnice promjenjivog induktiviteta, dvije iste zavojnice, dva ista kondenzatora, izvor, vodiči i žarulja (za detekciju)

Spajanje:

Prvi sklop: Zavojnicu (primarnu) spojimo na izvor i sklopku, potom zavojnicu (sekundarnu) promjenjivog induktiviteta spojimo serijski s kondenzatorom, te ih umetnemo u primarnu zavojnicu.

Drugi sklop spojimo na isti način kao i prvi sklop ali dodamo na primarnu zavojnicu žaruljicu.

O oba sklopa namjestimo da je induktivitet sekundara i kapacitet kondenzatora na istim vrijednostima.

Što očekujete da će se dogoditi kada spustimo sklopku?

Učenici zapisuju svoja očekivanja.

Izvedemo pokus.

Što ste primijetili kada smo spustili sklopku?

Učenici primjećuju da je žaruljica zasvijetlila.

Sada ćemo promijeniti induktivitet na prvom sklopu, te nas zanima što će se sada dogoditi.

Što sada očekujete da će se dogoditi?

Učenici zapisuju svoje pretpostavke.

Izvodimo pokus.

Što se je sada dogodilo?

Učenici iznose svoje pretpostavke.

Vraćamo vrijednost induktiviteta na prijašnju vrijednost. Te opet izvodimo pokus.

Učenici uočavaju da ponovo žaruljica zasvijetli.

Što mislite zašto žaruljica svijetli?

Zasvijetlila je jer je strujnim krugom protekla struja.

Kako to da je zasvijetlila žaruljica kada nije bila spojena na električni izvor?

Učenici iznose svoje ideje

Potpitanjima ih navodim da se emitira elektromagnetski val

Znate li koji primjer iz svakodnevnog života na koji vas podsjeća ovaj pokus?

Radio odašiljač i radio prijammnik (Emiter i prijammnik)

Koja bi to bila vrsta elektromagnetskog vala?

Radioval

Sada pogledajmo Phet simulaciju. [9]

5. Zaključak

U ovom diplomskom radu bavio sam se elektromagnetskim valovima, odnosno njihovim konceptom i vizualizaciji u nastavi fizike. Proveo sam dva istraživanja, čije sam rezultate iznio u radu. U prvom istraživanju sam anketirao profesore, dok sam u drugoj učenike trećih i četvrtih razreda srednjih škola. Rezultati su pokazali da i profesori i učenici imaju problema s razumijevanjem elektromagnetskih valova. Ne poznaju veze između frekvencije i valne duljine, također kao ni frekvencije i energije. Ne barataju stručnim termina poput pojma propagacija. Njihovo znanje, nakon srednjoškolske fizike, svelo se na zapamćene pojmove bez njihovog razumijevanja.

Žalosna je činjenica da ne povezuju elektromagnetske valove sa svakodnevnim životom, a današnji svijet je nezamisliv bez upotrebe elektromagnetskih valova. Mobiteli, televizija, mikrovalna pećnica, bežična internetska mreža i ostalo čime se susreću svaki dan, radi na principu elektromagnetskih valova. Brojna je primjena elektromagnetskih valova u medicinske svrhe. Rezultati su pokazali da zračenje obično vežu za njihove štetne utjecaje, a rijetko znaju za pozitivne.

Mislim da bi se nastava fizike trebala poboljšati. Potrebno je što više provoditi nastavu interaktivno da učenici aktivno uče i promišljaju na satu. Brojne phet aplikacije i simulacije mogu pomoći da učenicima pomognemo prilikom konceptualnog razumijevanja i vizualizacije elektromagnetskih valova.

6. Prilog – Anketa

1. U svakodnevnom životu koristimo različite valove, a mikrovalove koristimo za:
 - a) Radar
 - b) Odašiljanje radiosignala
 - c) Kuhanje hrane
 - d) Za bežičnu mrežu
 - e) Sve navedeno
2. U elektromagnetskom spektru, valovi s najvišom frekvencijom imaju najmanju:
 - a) Valnu duljinu
 - b) Amplitudu
 - c) Energiju
 - d) Brzinu
 - e) Period
3. Val s najvećom valnom duljinom je tipa:
 - a) Infracrveno zračenje
 - b) X zrake
 - c) Vidljiva svjetlost
 - d) Gama zrake
 - e) Radio valovi
4. Iz svemira dobivamo različita zračenja, između ostalog elektromagnetske valove. Koja vrsta medija je potrebna za propagaciju elektromagnetskog vala?
 - a) Tekućina
 - b) Plin
 - c) Fluid (tekućina ili plin)
 - d) Plazma
 - e) Ništa
5. Svjetlost je elektromagnetski val koji ima električnu i magnetsku komponentu. Elektromagnetski val se često razlikuje od mehaničkog vala. Ta činjenica se temelji da elektromagnetski valovi:
 - a) Mogu putovati kroz materijal, a mehanički valovi ne mogu
 - b) Mogu putovati kroz prostor bez materije, a mehanički valovi ne mogu
 - c) Elektromagnetski valovi ne mogu prenositi energiju, a mehanički valovi mogu
 - d) Elektromagnetski valovi imaju beskonačnu brzinu, a mehanički valovi konačnu
 - e) Elektromagnetski valovi se ne mogu polarizirati, a mehanički mogu
6. Koje područje elektromagnetskog spektra ima najveću brzinu propagacije?
 - a) Gama zrake
 - b) Radiovalovi
 - c) X zrake
 - d) Ultraljubičasto zračenje
 - e) Svi imaju jednaku brzinu propagacije

7. Koja boja iz vidljivog spektra svjetlosti ima najveću frekvenciju?
- a) Crvena
 - b) Zelena
 - c) Ljubičasta
 - d) Žuta
 - e) Plava
8. Koja boja iz vidljivog spektra svjetlosti ima najmanju frekvenciju?
- a) Crvena
 - b) Zelena
 - c) Ljubičasta
 - d) Žuta
 - e) Narančasta
9. Koja su važna svojstva elektromagnetskih valova?
- a) Brzina elektromagnetskih valova ovisi samo kroz koji medij se propagira, a ne o amplitudi elektromagnetskog vala
 - b) U vakuumu električno i magnetsko polje elektromagnetskog vala su u fazi
 - c) Elektromagnetskim valovima nije potreban medij da bi se širili, za razliku od ostalih valova
 - d) Smjerovi električnog i magnetskog polja elektromagnetskog vala su okomiti jedan na drugi i okomiti su s obzirom na smjer širenja vala, tj elektromagnetski val je transverzalni val
 - e) sve navedeno
10. Što uzrokuje ionizaciju?
- a) fotoelektrični efekt
 - b) Dopplerov efekt
 - c) Piezoelektrični efekt
 - d) Hallov efekt
 - e) ništa od navedenog
11. Pomoću koje vrste elektromagnetskih valova se prenosi wifi signal?
- a) Radio valovi
 - b) Mikrovalovi
 - c) X zrake
 - d) Ultraljubičasto zračenje
 - e) Infracrveno zračenje
12. Wi-fi koristi frekvencije:
- a) 2.4-5 mHz
 - b) 2.4-5 Hz
 - c) 2.4-5 kHz
 - d) 2.4-5 MHz
 - e) 2.4-5 GHz

13. Koje su prednosti ultraljubičastog zračenja?
- sintetizira vitamin D
 - kontrolira endokrini sustav
 - obnavlja uništene stanice
 - poboljšava imunitet
 - ništa od navedenog
14. Gama zrake:
- Uništavaju rak
 - Stvaraju rak
 - Koristimo u prijenosu tv signala
 - Ništa od navedenog
 - Za snimanje kostiju
15. Da bi proizveli elektromagnetski val pomoću elektroničkih komponenti u električni krug trebamo spojiti:
- Otpornik i kondenzator
 - Otpornik i zavojnicu
 - Kondenzator i zavojnicu
 - Tranzistor i dioda
 - Dioda i otpornik
16. Što se događa kada elektron ubrzava?
- Gubi energiju
 - Dobiva energiju
 - Stvara elektromagnetski val
 - Dolazi do raspršenja elektrona kada dosegne visoke brzine
 - Dolazi do nastanka još jednog elektrona
17. U kojem stoljeću su opisani teoretski elektromagnetski valovi?
- 17.
 - 18.
 - 19.
 - 20.
 - 21.
18. Zašto je gama zračenje najštetnije za živa tkiva?
- Jer ima najmanju valnu duljinu i najmanju frekvenciju
 - Jer ima najveću valnu duljinu i najveću frekvenciju
 - Jer ima najmanju valnu duljinu i najveću frekvenciju
 - Jer ima najveću valnu duljinu i najmanju frekvenciju
 - Ništa od navedenog

19. O čemu ovisi intenzitet elektromagnetskih valova?

- a) Površinu kroz koju prolazi
- b) O mediju kroz koji prolazi
- c) O brzini elektromagnetskog vala
- d) O duljini puta koji prijeđe
- e) Sve navedeno

20. Mjerna jedinica za intenzitet elektromagnetskog vala je:

- a) s
- b) W
- c) W/m^2
- d) km/h
- e) J/m

7. Literatura

Knjiga:

[1] Horvat, D., Hrupec, D. Fizika 4. Zagreb: NEODIDACTA, 2010.

Ocjenski rad:

[2] Juranek, M. Elektromagnetski valovi u vakuumu. Završni rad. Osijek : Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, 2015.

[3] Matoničkin, G. Elektromagnetski valovi u nastavi fizike. Diplomski rad. Zagreb : Prirodoslovno-matematički fakultet, 2007.

Sadržaj s www-a:

[4] https://en.wikipedia.org/wiki/Oersted%27s_law, kolovoz.2016.

[5] https://en.wikipedia.org/wiki/Faraday%27s_law_of_induction, kolovoz.2016.

[6] https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetska_indukcija, kolovoz.2016.

[7] https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetsko_zra%C4%8Denje, kolovoz.2016.

[8]

http://www.akvarij.net/index.php/STATIC/?option=com_content&view=article&id=187:novela-o-fotosintezi&catid=45&Itemid=147&fontstyle=f-larger , kolovoz.2016.

[9] <https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/radio-waves>, kolovoz.2016.