

FIZIKA

A. Četverogodišnji program

I. SVRHA I CILJ

Gimnazijama su ponudena dva potpuno ravnopravna programa fizike, označena kao A i B inačica. Škole će izabrati program, odnosno inačicu za koju drže da je u skladu s njihovim osobitostima, uvjetima i sredinom u kojoj djeluju. Neke sadržaje izabrat će profesori ovisno o vrsti gimnazije i broju nastavnih sati tjedno, uz uvažavanje naraštaja mladih s kojima rade. Takva zamisao daje mogućnost individualizacije nastave i otvorena je izboru sadržaja u izvedbenom programu kako bi i time škole stekle osobni pečat i ugled. Programi se nastavljaju na program fizike iz osnovne škole i nastoje, osim ostvarenja općebrazovnih ciljeva pripremiti učenike za nastavak školovanja u prirodnim znanostima i tehnici.

A-inačica

Težnja je nastave fizike razvijati i ostvarivati četiri temeljna cilja matematičko-prirodnoznanstveno-tehničkog nastavnog područja, što znači da učenik treba:

- steći znanja o važnim pojmovima znanstvenoga područja te o hipotezama, modelima i teoriji za njihov opis i objašnjenje,
- upoznati neke samosvojne metode dotične znanosti i naučiti ih primjereno primjenjivati,
- naučiti procijeniti doseg i granice vrijednosti samosvojnih znanstvenih metoda, kao i uzajamne odnose područja u matematičko-prirodnoznanstveno-tehničkom području,
- biti osposobljen da se racionalno i svjestan odgovornosti sučeljava s individualnima i društvenim problemima koristeći se znanjem i pojmovima stečenima u matematičko-prirodnoznanstveno-tehničkom području.

Uz oslonac na prethodne ciljeve matematičko-prirodnoznanstveno-tehničkoga područja, dolaze samosvojni ciljevi koji obilježavaju nastavu fizike i dijele se u tri skupine:

- (1) Razumijevanje fizikalnih pojava pomoću pokusa i teorije,
- (2) Primjena fizikalnih znanja i metoda,
- (3) Razmatranje značenja i učinaka fizikalnih spoznaja i metoda.

(1) Razumijevanje fizikalnih pojava pomoću pokusa i teorije

Sadrži ove ciljeve i zadaće:

- Upoznati osnovne fizikalne pojave, procese i pokuse te primijeniti pojmove, zakone, metode i teorije,
- Planirati i izvoditi jednostavne pokuse, ali i pokuse po zadanim uputama,
- Izvesti jednostavne matematičke relacije iz rezultata mjerenja i rezultate prikazati grafički,
- Procijeniti pogreške u mjerenju,
- Rješavati jednostavnije brojčane zadatke primjenom prethodno naučenih zakona i primjenom računala s

gotovim softverom te izvoditi računalnu simulaciju jednostavnijih fizikalnih procesa,

- Postavljati važna fizikalna pitanja i tražiti odgovore te oblikovati i provjeravati hipoteze,
- Primijeniti fizikalne pojmove i zakone na poznate ili nove fizikalne pojave,
- Izložiti i raspravljati s drugim učenicima i nastavnikom fizikalne predodžbe, modele i rezultate iz literature, kao i one do kojih se dođe osobnim radom,
- Uočavati uzajamnu vezu između pokusa i teorije,
- Ispravljati osobne fizikalne nazore na temelju novih uvida i spoznaja.

(2) Primjena fizikalnih znanja i metoda

Sadrži ove ciljeve i zadaće:

- Poznavati važnije fizikalne procese u prirodnim znanostima, tehnici i medicini,
- Rukovati jednostavnijima fizikalnim i tehničkim uređajima te u zadanim uvjetima predložiti fizikalno moguće konstrukcije jednostavnijih tehničkih uređaja,
- Uočavati mogućnost primjene fizikalnih i tehničkih znanja te metoda u rješavanju određenih problema,
- Uočavati mogućnosti sudjelovanja u rješavanju ekoloških i društvenih problema primjenom fizikalnih metoda i rezultata.

(3) Razmatranje značenja i učinaka fizikalnih spoznaja i metoda

Sadrži ove ciljeve i zadaće:

- Shvaćati fizikalne metode i načine rada samosvojnim postupcima stjecanja znanja, ali uočavati zajedničke ustroje i radne metode u prirodnim znanostima,
- Uočavati uloge i značenja matematike u fizici te primjere međusobnoga utjecaja tih znanstvenih područja,
- Uzimati u obzir povijesni razvoj fizike, međudjelovanje fizike i društva, nužnost fizikalnoga istraživanja i tehnološkoga razvoja te potrebu nadzora toga razvoja,
- Promišljati položaj i djelovanje pojedinca u uvjetima brzoga znanstveno-tehnološkoga razvoja.

Važno je uočiti da to nisu samostalni ciljevi, koji bi se većim dijelom mogli ostvariti u svakoj pojedinoj nastavnoj jedinici, nego u svojoj cjelovitosti izražavaju ciljeve nastave fizike. U tom smislu jasno je da izloženi popis samosvojnih ciljeva nije potpun ni zatvoren. Nadalje, u ovom pristupu nije provedena detaljna raščlamba po kognitivnim, afektivnim i društvenim ciljevima budući da su u čvrstom dinamičkom međudjelovanju. Spremnost učenika da posveti pozornost fizikalnim problemima i njihovu istraživanju nužna je pretpostavka određenih spoznajnih ciljeva. Tu spremnost treba poticati i razvijati djelatnim odnosom u nastavi, pri čemu se nastoji uspostaviti dijalog s problemom, polazeći od unaprijed postavljenih pitanja ili pitanja učenika.

Treba težiti tomu da bavljenje fizikalnim problemima učenicima pridonosi zadovoljstvu. Također treba nastojati da se neke izrazite osobine fizikalnoga načina mišljenja i

rada usvajaju kao opća pravila ponašanja, npr. stremljenje objektivnosti, pažljivosti i čestitosti u eksperimentalnim i teorijskim istraživanjima, otvorenost za nove spoznaje, spremnost za razvoj osobnih gledišta i zajednički rad u skupini.

B-inačica

B-inačica programa fizike namijenjena je gimnazijama općega smjera, kao i drugim gimnazijskim smjerovima u kojima se fizika izvodi po 2 sata tjedno u sve četiri godine. U kratkom dodatku na kraju ukratko se predlaže kakvi bi trebali biti izmjene i dodaci programu za prirodoslovne gimnazije (3 sata tjedno).

Program polazi od dvaju znanstveno utvrđenih čimbenika:

a) Živimo u svijetu brzih i sve bržih promjena, osobito u području prirodnih znanosti i tehnologije, što je jedna od izravnih implikacija znanstveno-tehnološke revolucije. Kakvu izobrazbu iz temeljnih prirodnih znanosti ponuditi današnjim učenicima kad ne možemo predvidjeti s kakvim će se problemima suočavati u svojem budućem radu?

b) Korpus znanja fizike i dalje raste eksponencijalno te se podvostručuje svakih nekoliko godina.

Iz ovih dvaju čimbenika proizlazi da tradicionalni programi (koji podrazumijevaju i tradicionalne oblike nastavnoga procesa) ne mogu zadovoljiti izobrazbene potrebe današnjice. Ako se polazi od stajališta da je u programu najvažnije predočiti činjenice, i to po mogućnosti što više njih, ubrzo se nailazi na nepremostive probleme. Na primjer, gotovo je svedeno je li učenik za vrijeme školovanja usvojio 1 ili 1,5 promila ukupno poznatih podataka u fizici. S druge strane, vrlo je važno je li on tijekom školovanja naučio "fizikalno misliti", operativno primjenjivati stečeno znanje, selektivno pristupati odabiru problema, odnosno je li se osposobio za daljnje samostalno učenje. Drugim riječima, nije najvažnije koji se sadržaji odaberu za program (premda nije posve beznačajno), ali je važno kako su sadržaji ustrojeni i uzajamno povezani. Tek o njihovu ustrojavanju, međusobnom povezivanju, o odabiru primjerenih fizikalnih modela ovisi hoće li učenicima biti predočeni dovoljno zanimljivi, a ujedno i primjereni fizikalni sklopovi unutar kojih mogu istraživati, otkrivati, stvarati, jednom riječju - konstruktivno misliti.

Program skrbi prije svega o učeniku, o njegovu spoznajnom i voljnom sustavu rukovodeći se idejama i rezultatima J. Piageta, kao i konstruktivističke škole učenja. U tom smislu treba skrbiti o ovim važnim čimbenicima:

a) Program se nastavlja na program osnovne škole, pa bi trebalo misliti o tomu koliko je prosječno predznanje učenika na početku I. razreda.

b) Početak gimnazijskoga razdoblja (dob od 15 godina) pripada približno sredini prijelaznoga razdoblja učenikova intelektualnoga razvoja (prema Piagetu), u kojemu učenik doživljava intelektualni razvoj od konkretnoga prema formalnom (apstraktnom) mislitelju.

c) Među učenicima općih i jezičnih gimnazija ima znatan broj onih, koji nisu osobito zainteresirani za fiziku, posebice to nisu za njeno strogo formalističko predočavanje, lišeno društvenih, filozofskih i povijesnih gledišta. Oni od fizike očekuju to da zaista bude općeobrazovni predmet. Istodobno ima priličan broj i onih, koji još nisu odlučili koje ih područje posebiće zanima, a mogu se tijekom školovanja opredijeliti za prirodne i tehničke discipline. Programom se mora skrbiti o obje rečene skupine učenika.

Osnovna je ideja ovoga programa da se napokon promijeni pristup učenju fizike u srednjoj školi (gimnaziji). Programom se predlaže i promiče takvu zamisao nastavnoga procesa, koja omogućuje ostvarenje ovih ciljeva:

- Učenici moraju (tj. mora im to biti omogućeno) već tijekom nastavnoga procesa shvatiti nove fizikalne ideje i pojmove. Naime, ako učenik ne uspije razumjeti određene sadržaje na satu, uz nazočnost nastavnika, kako možemo očekivati od njega da to shvati sam kod kuće?
- Učenici moraju doživjeti proces istraživanja i otkrivanja u fizici, i to ne sporadično, već kao standardni postupak na sadržajima koji su tomu primjereni.
- Učenici moraju djelatno sudjelovati u konstruiranju i stvaranju novog znanja, tj. novih fizikalnih pojmova te odnosa između različitih pojmova.
- Na temelju sudjelovanja u postupcima istraživanja, otkrivanja, stvaranja, konstruiranja i primjene, učenik mora steći određene sposobnosti i vještine koje je u stanju primijeniti na nove situacije.
- Učenik mora stvoriti određenu ideju o tomu kako se fizika razvija i djeluje.
- Učenik mora biti osposobljen za daljnje samostalno učenje prirodoslovnih sadržaja.

II. PROGRAMSKA GRAĐA

A-inačica

Prvi razred

Z A D A Č A:

Razvijati pojmove, modele, teorije i metode klasične fizike u sadržajima o gibanju, silama, energiji i mehanici fluida, čija je konstrukcija započela u osnovnoj školi. Pri tom polazimo od proučavanja, opisivanja i objašnjavanja pojava do grafičkoga prikazivanja i postupne matematičke formalizacije zakonitosti.

S A D R Ź A J I:

1.1. Pravocrtno gibanje (1). Položaj i pomak tijela. Tablični i grafički prikaz gibanja tijela. s,t-graf.

1.2. Pravocrtno gibanje (2). Srednja brzina. Izbor vremenskoga intervala. Trenutna brzina. Srednja i trenutna akceleracija. v,t-graf. a,t-graf.

1.3. Pravocrtno gibanje (3). Algebarski opis jednoliko ubranoga gibanja duž pravca. Put kao površina u v,t-grafu. Brzina kao površina u a,t-grafu.

1.4. Temeljni zakon gibanja - II. Newtonov zakon. Jednadžba gibanja tijela u mehanici.

1.5. Slobodni pad. Djelovanje sile trenja na gibanje pod utjecajem sile teže.

1.6. Slaganje i rastavljanje sila. Zbrajanje vektora sila na jednom pravcu. Pravilo trokuta i pravilo paralelograma za zbrajanje sile koja ne djeluje na jednom pravcu. Rastavljanje sile na sastavnice.

1.7. Zakon inercije - I. Newtonov zakon. Zakon akcije i reakcije - III. Newtonov zakon.

1.8. Količina gibanja. Zakon očuvanja količine gibanja. Primjeri pri gibanju zrakoplova i rakete.

1.9. Jednoliko gibanje po kružnici. Centripetalna sila, centripetalna akceleracija. Sila na automobil u zavoju.

1.10. Inercijalni i neinercijalni sustavi. Jednoliko akcelerirani sustav. Kružno akcelerirani sustav. Centrifugalna sila-inercijalna sila. Težina u neinercijalnim sustavima.

1.11. Energija (1). Energija i međudjelovanje tijela. Energija i rad. Izraz za rad.

1.12. Energija (2). Grafički prikaz rada uz stalnu i promjenljivu silu. Snaga.

1.13. Energija (3). Kinetička energija. Gravitacijska potencijalna energija pod djelovanjem sile teže. Elastična potencijalna energija. Mehanička energija.

1.14. Zakon očuvanja mehaničke energije. Uzajamna pretvaranja različitih oblika mehaničke energije.

1.15. Složena gibanja. Horizontalni hitac. Kosi hitac.

1.16.* Ilustracija složenoga rješenja temeljne jednadžbe gibanja. Računalna simulacija gibanja svemirskoga broda pod utjecajem potisne sile promjenljivoga iznosa i smjera.

1.17. Mehanika krutoga tijela. Uvod o translacijskom i rotacijskom gibanju. Moment sile. Zakon poluge. Osnovni pojam statike. Kut rotacije. Kutna brzina. Rotacijska kinetička energija. Moment inercije. Kutna količina gibanja (zamor). *Rotacija neutronske zvijezde.

1.18. Gravitacijska sila (1). Opći zakon gravitacije. Izvod zakona gravitacije pomoću Keplerova zakona.

1.19. Gravitacijska sila (2). Gravitacija na površini Zemlje - sila teža. Umjetni sateliti. Centripetalna akceleracija Mjeseca zbog djelovanja gravitacijske sile. Gravitacijsko polje.

1.20. Mehanika fluida (1). Prostiranje tlaka i sile u fluidu. Tlak zbog težine tekućine. Krvni tlak. Izvanjski tlak na tekućinu.

1.21. Mehanika fluida (2). Uzgon. Atmosferski tlak. Manometar.

1.22. Mehanika fluida (3). Strujanje tekućine. Jednadžba kontinuiteta. Bernoullijeva jednadžba. Venturijeva cijev. Sila na zrakoplovno krilo.

Drugi razred

ZADACI:

Razraditi već dijelom poznate sadržaje iz klasične mehanike, topline i elektromagnetizma, a također osnovne koncepte kao što su čestični, koncept međudjelovanja i očuvanja te načela relativnosti i vjerojatnosti.

SADRŽAJI:

2.1. Molekularna struktura tvari i agregatna stanja. Sile među česticama u građi tijela. Brownovo gibanje. Difuzija. Molekularno-kinetički model tvari i agregatna stanja. Promjene faze tvari.

2.2. Plinski zakoni (1). Stanje plina. Boyle-Mariottov zakon. Gay-Lussacov zakon.

2.3. Plinski zakoni (2). Charlesov zakon. Jednadžba idealnoga plina. Korekcija jednadžbe stanja idealnoga plina.

2.4. Molekularno-kinetički model idealnoga plina. Izvod jednadžbe stanja idealnoga plina u molekularno-kinetičkom modelu. Veza između temperature i srednje kinetičke energije čestica plina. Načelo utjecaja međudjelovanja i građi molekula u uvjetima ekstremne gustoće, tlaka i temperature.

2.5. Termodinamički zakoni (1). Termodinamičko stanje sustava i unutrašnja energija. Promjena unutrašnje energije tijela izmjenom topline i mehaničkim radom. Prvi zakon termodinamike kao poseban slučaj zakona očuvanja energije.

2.6. Toplinski strojevi. Rad plina u kružnom procesu. Carnotov proces. Osnovno načelo rada motora na gorivo. Načelo hladnjaka.

2.7. Termodinamički zakoni (2). Drugi zakon termodinamike. Jednosmjernost termodinamičkih procesa. Entropija bioloških sustava i svemira. Zakon o očuvanju energije s obuhvaćanjem svih oblika energije.

2.8. Električni naboj. Elementarni električni naboj. Ukupni naboj tijela. Zakon očuvanja naboja. Električni naboj u građi atoma.

2.9. Coulombov zakon. Smjer i vrijednost električne sile između dva naboja. Univerzalnost Coulombova zakona. Permittivnost. Usporedba električne i gravitacijske sile na razini atoma i svemira.

2.10. Električno polje. Jakost električnoga polja. Električno polje točkastoga naboja nabijene ploče i dviju paralelnih ploča. Električno polje na površini Zemlje.

2.11. Električna potencijalna energija. Električna potencijalna energija u homogenom električnom polju i analogija s gravitacijskom potencijalnom energijom u homogenom gravitacijskom polju. Električni napon. Djelovanje izvora napona.

2.12. Električni kapacitet. Kapacitet i električna potencijalna energija ravnoga kondenzatora. Usporedba električne energije ravnoga kondenzatora i mehaničke energije elastične opruge. Električna svojstva membrane biološke stanice i prostiranje živčanoga signala.

2.13. Gibanje nabijene čestice u električnom polju. Gibanje elektrona i protona u homogenom električnom polju i usporedba s horizontalnim hicem. Katodna cijev. Načelo rada osciloskopa i televizora.

2.14. Istosmjerna struja. Model slobodnih elektrona u kristalnoj rešetki. Električna struja u metalu. Jakost električne struje i analogija s jakošću strujanja tekućine. Međudjelovanje slobodnih elektrona i kristalne rešetke kao uzrok električnoga otpora. Električna struja u tekućinama, plinovima i vakuumu.

2.15. Veza između jakosti struje i napona. Električni otpor. Ohmov zakon. Omski i neomski vodiči. Osnovni pojam supravodljivosti.

2.16. Rad u strujnom krugu. Električna snaga. Usporedba električnoga kruga i kruga u kojem struji tekućina. Serijsko i usporedno spajanje otpornika. Uporaba galvanometra za mjerenje jakosti struje i napona. Ljudsko tijelo u strujnom krugu.

2.17*. Rješavanje strujnih petlji. Spajanje tri otpornika. Problem smetnje pri mjerenju električne struje. Otpornici u krugu izmjenične struje.

2.18. Magnetsko polje. Sila na magnet u magnetskom polju. Magnetsko polje ravnoga magneta, potkovastoga magneta i Zemlje. Djelovanje magnetske sile na električnu struju. Magnetska indukcija.

2.19. Magnetska sila na strujnu petlju. Načelo rada elektromotora. Načelo rada galvanometra.

2.20. Gibanje nabijene čestice u magnetskom polju. Lorentzova sila. Kružno i spiralno gibanje čestice u homogenom magnetskom polju.

2.21.* Praktični primjeri gibanja nabijene čestice u magnetskom polju. Magnetsko zrcalo i magnetska boca. Učinak magnetske boce u prostoru oko Zemlje. Načelo rada ciklotrona.

* izborni sadržaji

2.22. Magnetsko polje električne struje. Magnetsko poljeavnog vodiča i strujne petlje.

Načelo djelovanja elektromagneta. Magnetska svojstva na razini atoma. Magnetsko osjetilo ptica.

2.23. Elektromagnetska indukcija. Načelo rada električnog generatora. Osnovni pojam izmjenične struje.

Treći razred

ZADACA:

Povezati obradom periodičnih pojava, mehaničkoga i električnog titranja, mehaničkih i elektromagnetskih valova, strukturne pojmove (čestice, valove i polja). Nakon obrade svjetlosnih pojava, konstruirati načelo relativnosti u modernoj fizici teorijom relativnosti te istaknuti zamisao odnosa mase i energije.

SADRŽAJI:

3.1. Harmonijsko titranje (1). Titranje tijela ovješeno o oprugu. Mijenjanje elastične i kinetičke energije pri harmonijskom titranju. Veličine za opis titranja: elongacija, amplituda, period, frekvencija.

3.2. Harmonijsko titranje (2). Model harmonijskoga titranja pomoću jednolikoga kružnoga gibanja. Izraz za period harmonijskoga titranja. Primjeri titranja u prirodi i tehnici.

3.3. Njhalo. Period jednostavnoga njihala. Prigušeno titranje.

3.4*. Ilustracija složenoga titranja. Računalna simulacija titranja s prigušenjem i harmonijskom prisilom.

3.5. Električno titranje. Energija magnetskoga polja za vojnice. Induktivnost. Elastično titranje u krugu s kondenzatorom i zavojnicom.

3.6. Izmjenična električna struja. Efektivna struja i napon. Fazne relacije. Učinak uključivanja otpornika, zavojnice i kondenzatora u krug izmjenične struje. Snaga izmjenične struje.

3.7. Valovi (1). Prijenos energije pomoću valova. Transverzalni harmonijski valovi na valovodu. Veličine za opis vala: elongacija, amplituda, valna duljina, frekvencija, brzina. Relacija između valne duljine, frekvencije i brzine.

3.8. Valovi (2). Longitudinalni valovi na valovodu. Transverzalni i longitudinalni valovi na dugačkoj elastičnoj zavojnici. Valovi na površini vode. Valovi pri potresu.

3.9. Superpozicija valova (1). Superpozicija dva pulsna vala. Pravilo superpozicije valova. Konstruktivna i destruktivna interferencija harmonijskih valova.

3.10. Superpozicija valova (2). Razlika hoda. Koherentni valovi. Ilustracije Fourierova teorema. Odras vala na čvrstoj granici.

3.11. Stojni valovi. Stojni valovi na napetoj žici učvršćenoj na oba kraja. Izraz za osnovnu frekvenciju i više harmonike.

3.12. Zvučni valovi (1). Zvučni valovi kao primjer longitudinalnih valova u sredstvu. Brzina zvuka. Interferencija zvučnih valova. Visina tona i boja zvuka u glazbi. Načelo rada elektroničkoga sintesajzera.

3.13. Zvučni valovi (2). Jačina zvuka. Decibelna skala. Ultrazvuk. Dopplerov efekt u akustici. Dopplerov efekt.

3.14. Elektromagnetski valovi. Sažetak fizikalnoga sadržaja Mawellovih zakona. Prostiranje elektromagnetskih valova. Elektromagnetski spektar. Sinkrotronsko zračenje.

3.15. Interferencija svjetlosti. Interferencija dvaju ravnih svjetlosnih valova. Interferencija dvaju kružnih svjetlosnih valova iz točkastih izvora. Nekoherentna i koherentna svjetlost.

3.16. Optička rešetka. Ogib svjetlosti.

3.17. Polarizacija svjetlosti. Raspršenje Sunčeve svjetlosti u atmosferi.

3.18. Geometrijska optika (1). Refleksija i lom svjetlosti. Indeks loma. Disperzija svjetlosti pomoću optičke prizme. Pojava duge.

3.19. Geometrijska optika (2). Totalna interna refleksija. Načelo djelovanja optičke niti. Optička leća. Jednadžba leće. Načelo mikroskopa.

3.20. Teorija relativnosti (1). Načelo relativnosti. Stalnost brzine svjetlosti. Dilatacija vremena. Raspad muona kao ilustracija dilatacije vremena.

3.21. Teorija relativnosti (2). Lorentzova kontrakcija. Zbrajanje brzina. Paradoks blizanaca.

3.22. Teorija relativnosti (3). Relativističko porijeklo magnetskih sila. Relativnost mase. Masa i energija. Načelo ekvivalencije i opća teorija relativnosti.

Četvrti razred

ZADACA:

Prikazati i konstruirati osnovne sadržaje, modele i teorije moderne fizike iz područja atomske i nuklearne fizike te poluvodiča i elementarnih čestica, a također koncepte, načela i ideje moderne fizike (valno-čestična dvojnost, načelo neodređenosti). Istaknuti značenje fizike za znanstvenotehnološki razvoj.

SADRŽAJI:

4.1. Fotoelektrični efekt. Energija vezanja elektrona u metalu. Osobine fotoelektričnoga efekta na različitim metalima. Zakon fotoelektričnoga efekta. Fotoelektrična ćelija.

4.2. Fotonska teorija fotoelektričnoga efekta. Suprotnosti između zakona fotoelektričnoga efekta i valne teorije. Einsteinova jednadžba fotoelektričnoga efekta.

4.3. Valnočestično značenje elektromagnetskoga zračenja i čestica tvari. Ogib elektronskoga snopa. De Broglieva relacija. Valno svojstvo pri gibanju mikroskopskih čestica na razini atoma. Pojam valne funkcije.

4.4. Kvantizirane energije atoma. Pobuđivanje atoma i emisijski spektar atoma u plinu. Energijske razine. Energijski spektar atoma vodika. Fenomenološka energijska formula vodikovoga atoma.

4.5. Emisija i apsorpcija fotona. Energijski spektri kao obilježja atoma i molekula.

4.6. Stimulirana emisija fotona i laseri. Načelo rada lasera. Ilustracije primjene lasera.

4.7.* Osnovna svojstva kvantnofizikalnih elektronskih orbitala u atomima i molekulama.

4.8. Atomske jezgre. Građa atomske jezgre i izotopi. Nuklearna karta. Nuklearni maseni reljef.

4. 9. Nuklearne reakcije. Energija vezanja atomskih jezgri. Očuvanje mase i energije u nuklearnim reakcijama. Oslobođanje energije nuklearnom fisijom i nuklearnom fuzijom.

4.10. Radioaktivnost. Radioaktivne pretvorbe i vrijeme poluraspada. Alfa-radioaktivnost. Beta-radioaktivnost. Gama-radioaktivnost.

4.11. Detekcija i djelovanje radioaktivnoga zračenja. Načelo rada uređaja za detekciju radioaktivnoga zračenja. Djelovanje radioaktivnoga zračenja na biološku tvar. Ap-sorbirana doza, ekspozicija, specifična ionizacija, ekvivalentna doza, aktivnost radioaktivnoga izvora.

4.12. Elementarne čestice. Hadrone. Kvarkovi i leptoni.

4.13. Poluvodiči (1). Građa silicijeva kristala. Stvaranje slobodnih elektrona i šupljina toplinskim pobuđivanjem. N-vodljivost i P-vodljivost.

4.14. Poluvodiči (2). Električna vodljivost čistoga poluvodiča. Ovisnost električnoga otpora poluvodiča o temperaturi. Usporedba električnoga otpora poluvodiča, vodiča i izolatora.

4.15. Poluvodiči (3). N-poluvodiči. P-poluvodiči. Električna struja kroz N-poluvodič i P-poluvodič.

4.16. Poluvodička dioda. Načelo djelovanja poluvodičke diode. Djelovanje poluvodičke diode u strujnom krugu. Analogija djelovanja poluvodičke i vakuumске diode. Poluvodička dioda kao ispravljač. Poluvodička dioda kao solarna ćelija.

4.17. Tranzistor. Načelo djelovanja tranzistora. Kolektorski i bazni strujni krug. Analogija tranzistora i vakuumске triode. Uporaba tranzistora kao pojačala i kao sklopke.

4.18. Fizikalne osnove mikroelektronike. Logički sklopovi s tranzistorskim sklopkama. Usporedba s magnetskim sklopkama. Načelo tranzistora s efektom polja (FET) i metalnooksidnoga tranzistora s efektom polja (MOSFET). Načelo integriranih sklopova.

4.19.* Supravodljivost. Električna otpornost supravodiča. Meissnerov efekt. Načelo Josephsonova efekta. Pojava visokotemperaturne supravodljivosti.

4.20. Nuklearna evolucija tvari u svemiru. Veliki prasak. Faze u razvoju zvijezde i određeni procesi nuklearne fuzije. Fuzija vodika u helij. Fuzijski procesi sa stvaranjem jezgri do željeza - 56. Sporo upijanje neutrona i stvaranje jezgri elemenata od željeza do bizmuta. Brzo upijanje neutrona u supernovi i stvaranje vrlo teških jezgri. Porijeklo atomskih jezgri od kojih su građeni Zemlja i živa bića.

4.21. Povijesni razvoj modela atoma. Demokritov model. Boškovićev model. Model atoma u kemiji 19. stoljeća. Thomsonov model. Rutherfordov model. Bohrov model. Kvantnomehanički model.

4.22. Fizika i znanstvenotehnološki razvoj. Fizika kao osnova visokih tehnologija (mikroelektronika, robotika, novi materijali, optoelektronika, genetsko inženjerstvo).

4.23.* Fizika i religija. Vjerojatnosno tumačenje kvantne mehanike iz prve polovice 20. stoljeća - odsutnost mehanističkoga determinizma na razini atoma. Otkriće determinističkoga kaosa - najveće fizikalno otkriće pri kraju 20. stoljeća i krajnji raskid s klasičnim determinizmom. Principijelna ograničenost mogućnosti fizikalne spoznaje svijeta. Moltova tumačenja koegzistirajućega odnosa fizike i religije.

Obrazloženje:

Zvjezdicom su označene izborne teme. U drugima se temama mogu dijelovi podnaslova obrađivati po slobodnom izboru.

B-inačica

Prvi razred

SADRŽAJI I ZADACI:

1.1.-1.3. KINEMATIKA

Pravocrtno gibanje, nejednoliko i jednoliko - istraživanje pomoću timera s vrpcom i grafičkih s-t i v-t prikaza podataka. Konstruiranje pojmova brzina i akceleracija, $v = \Delta s / \Delta t$, $a = \Delta v / \Delta t$. Prepoznavanje različitih gibanja očitavanjem vrpce. Izvođenje algebarskih izraza za jednoliko ubrzano gibanje, $v = at + v_0$, $s = at^2 / 2 + v_0 t$.

Napomene

Uvođenje pojmova brzina i akceleracija u načelu zahtijeva infinitezimalni postupak. S obzirom na to da u 1. razredu nije dopušteno koristiti se matematičkim postupkom deriviranja i integriranja, to se za nadomjestak infinitezimalnoga postupka predlaže već provjerena metoda timera s pomičnom vrpcom. U pokusu se, prigodom gibanja tijela, očitava na vrpici prevaljeni put u vremenskim razmacima po 0,02 s, što je dovoljno kratko međuvrijeme da se iskustveno doživi značenje infinitezimalnoga postupka. Koncepti brzina i akceleracija konstruiraju se uz pomoć eksperimentalnih rezultata (ili bar očitavanjem vrpce) i njihova grafičkoga prikaza.

Učenik treba:

- biti u stanju pomoću timera s vrpcom izmjeriti interval vremena, brzinu i akceleraciju danoga gibanja,
- znati interpretirati podatke s vrpce, kao i različite grafičke prikaze gibanja,
- razumjeti da je opis gibanja to vjerniji, što je kraći uporabljeni vremenski interval,
- usvojiti deklarativno i proceduralno koncepte brzine i akceleracije te
- razumjeti i operativno usvojiti izraze za jednoliko ubrzano gibanje.

1.4.-1.5. NEWTONOVI ZAKONI GIBANJA (prvi i drugi)

Povijesni problemi u svezi s gibanjem. Doprinos Galileia stvaranju nove fizike. Uloga Newtona i njegovih sljedbenika. Prvi Newtonov zakon, novi odabir referentne situacije, inercijski referentni sustav. Drugi Newtonov zakon, $F = ma$, promatran kao funkcionalna veza između operativno mjerljivih veličina, F , m i a , koja se dobije pokusom. Značenje Newtonovih zakona za razvoj mehanike.

Napomene

Ovi posebno važni i temeljni sadržaji morali bi se ponuditi kroz problematizirani povijesni pristup primjenjujući i pokus u učionici. S obzirom na to da se učenici te dobi nalaze u prijelaznom razdoblju od konkretnoga prema apstraktnomu mislilju, nije dostatno izložiti sadržaje formalno, bez konkretnih problemskih situacija i konkretnih pratećih pokusa.

Učenik treba:

- razumjeti koji su to važni problemi o kojima govore Newtonovi zakoni,
- razumjeti 1. Newtonov zakon, znati ga operativno primijeniti u jednostavnijim slučajevima promatranja iz različitih inercijskih referentnih sustava,

- razumjeti 2. Newtonov zakon, $F=ma$, za gibanje po pravcu, znati točno objasniti što označava svaki znak u toj relaciji,
- znati operativno primijeniti 2. Newtonov zakon na jednostavnije probleme.

1.6. SLOBODNI PAD

Povijesne predrasude u svezi sa slobodnim padom. Razlika u viđenju situacije između Galileia i prethodnika aristotelovske škole. Galilejevo rješenje problema. Rješavanje problema u razredu: a) pokusom, b) Galilejevim misaonim pokusom, c) primjenom 2. Newtonova zakona. Sila teža. Težina tijela.

Napomene

Iako se danas slobodni pad može riješiti po kratkom postupku, jednostavnom primjenom 2. Newtonova zakona, taj problem ipak zaslužuje temeljitiji povijesni pristup, i to iz dva razloga: a) taj je problem kroz povijest uzbudio mnoge duhove i b) većina učenika nosi u sebi intuitivnu ideju o slobodnom padu, koja je bliža aristotelovskom, nego njutnovskom viđenju situacije.

1.7. SLAGANJE I RASTAVLJANJE SILA

Sila kao vektorska veličina. Zbrajanje sila koje djeluju pod nekim kutom. Rastavljanje sile na sastavnice. Primjena 2. Newtonova zakona po sastavnicama izvanjske sile.

Napomene

Ovim se sadržajima, u krajnjoj liniji, počinje razmatranje sile, odnosno primjena 2. Newtonova zakona, na slučajeve kad djeluje više sila, odnosno na slučajeve kad sila nije u smjeru gibanja tijela. Zakon zbrajanja sila, kao i rastavljanja na sastavnice, treba pokazati i pokusom, jer to na učenika djeluje upečatljivije i uvjerljivije od analitičkoga razmatranja.

1.8. KOLIČINA GIBANJA, ZAKON OČUVANJA KOLIČINE GIBANJA

Kratkotrajno djelovanje sile, primjena 2. Newtonova zakona. Impuls sile i količina gibanja. Zakon očuvanja količine gibanja kao posljedica 2. Newtonova zakona.

Napomene

Problemsku situaciju trebalo bi otvoriti i začiniti pokusom kako bi se navedeni sadržaji razrađivali u neposrednoj svezi s konkretnom fizikalnom pojavom (na primjer kratki sudar ili kratki povlak). Poželjno bi bilo uklopiti i povijesnu konotaciju, jer je zakon očuvanja količine gibanja dobiven pokusom prije Newtonovih zakona gibanja.

1.9. TREĆI NEWTONOV ZAKON - ZAKON AKCIJE I REAKCIJE

Razmatranje međudjelovanja dvaju tijela, izoliranih od okoline, u konkretnom pokusu. Primjenom 2. Newtonova zakona konstruirati 3. Newtonov zakon. Uočiti da akcija i reakcija ne djeluju na isto tijelo, već djeluju na različita tijela. Razmatranje primjera iz života, od jednostavnijih (kuglica ovješena o nit, knjiga na stolu) do složenijih (ventilator na kolicima s jedrom, paradoksnog konja koji vuče kola). Problemi s pasivnim silama. Na primjerima razraditi dijagrame sila koje djeluju na tijelo, uz nazočnost i pasivnih sila.

Napomene

Problemsku situaciju treba otvoriti pokusom, predviđajući njegov rezultat. Zatim kombinirati predviđanja, rezultat pokusa i analitički pristup pomoću 2. Newtonova zakona.

Učenici nose u sebi intuitivne pretkoncepte (predzamisli) o pasivnim silama, koje nisu u skladu s njutnovskom fizikom i koje čine ozbiljnu prepreku stvarnom usvajanju tih znanja. Na to upućuju svjetska iskustva. Stoga treba, prvo, na kvalitativnim problemskim situacijama izvući iz učenika njihove ideje i pokušaje rješavanja problema kako bismo ustanovili s kojim se sve idejama suočimo, koje od njih moramo argumentima opovrgnuti, a koje usmjeriti prema ispravnom rješenju. Ako se ta faza preskoči, većina učenika ostaje pri svojim (neotkrivenim) intuitivnim idejama, koje kasnije dolaze do izražaja, osobito u rješavanju kvalitativnih problema.

1.10. JEDNOLIKO GIBANJE PO KRUŽNICI

Razmatranje jednolikoga gibanja po kružnici kao složenoga gibanja, kinematički i dinamički. Demonstrirati pojavu i postaviti početnu problemsku situaciju: koja to sila skreće tijelo od jednolikoga pravocrtnoga gibanja, koji je njezin smjer, o kojim veličinama ovisi? Centripetalna sila. Pomoću demonstracijskoga pokusa pronaći varijable (m, r, v, ω) o kojima ovisi centripetalna sila. Analitičko izvođenje izraza za centripetalnu silu, odnosno centripetalno ubrzanje. Važnost kontrole varijabli ($F_{cp} = mv^2/r$, $F_{cp} = m\omega^2 r$). Poopćenje ovih rezultata na gibanje po bilo kakvoj zakrivljenoj putanji. Uloga polumjera zakrivljenosti putanje.

Napomene

Vrlo je važno za razumijevanje da se pojava pokazuje pokusom kako bi se stekao izravan uvid u situaciju, pronašle relevantne varijable i proveo nadzor varijabli. Analitički izvod poželjno je provesti i kinematički i dinamički (radi konstruktivne primjene i utvrđivanja prije stečenoga znanja iz kinematike i dinamike), ali na najjednostavniji mogući način. Osobito je važno da učenici spoznaju kako centripetalna sila nije neka posebna sila (po svojoj prirodi), već da ulogu centripetalne sile može imati svaka sila. To treba pokazati na primjerima.

1.11. AKCELERIRANI SUSTAVI

Povratak na pravocrtno gibanje. Inercijski i neinercijski referentni sustavi. Kako opisivati fizikalne pojave u neinercijskim sustavima? Inercijska sila.

Rotirajući neinercijski sustav. Centrifugalna sila. Primjena na konkretnim primjerima.

Napomene

Ovi su sadržaji, osobito rotirajući neinercijski sustav i odnos centrifugalne sile spram centripetalne, prilično zbunjujući za učenike. Zato treba istaknuti na jednostavnim primjerima ulogu referentnoga sustava iz kojega se pojava promatra. Učenik mora biti načisto da u istom sustavu ne može imati i centripetalnu i centrifugalnu silu, a isto tako da obje te sile ne može nacrtati na istoj slici. Razumijevanje se može poboljšati, ako se isti problemi (na primjer nagib ceste u zavoju) obrađuju i u inercijskom i u neinercijskom sustavu.

1.12.-1.14. RAD, ENERGIJA, ZAKON OČUVANJA ENERGIJE

Pojam rada u svakidašnjem jeziku, uvođenje i definiranje rada kao fizikalnoga koncepta. Određivanje i računanje rada stalne sile za različite slučajeve, tj. ako su sila i pomak a) istosmjerni, b) protusmjerni, c) pod nekim kutom. Snaga. Kinetička energija. Potencijalna energija sile teže. Elastična potencijalna energija, potencijalna energija napete opruge. Mehanička energija.

Pretvaranje rada u energiju. Osobito razmatrati slučajeve u kojima se izvođenjem rada mijenja kinetička, unutrašnja, odnosno potencijalna energija sustava. Zakon očuvanja energije za zatvoreni fizikalni sustav. Primjeri.

Napomene

Sadržaji se nastavljaju na one iz osnovne škole (ne treba smatrati da je učenik tabula rasa), ali se ovdje proširuju i obrađuju strože i s nešto povišenom razinom matematičkog aparata. Unatoč tomu, treba opravdati i obrazložiti uvođenje pojmova: rad, kinetička energija, potencijalna energija itd., tj. predložiti postupak konstruiranja tih pojmova.

Teorem o pretvaranju rada u promjenu kinetičke energije, na ovoj razini nije moguće izvesti općenito. No, može se izvesti za poseban slučaj, npr. ako se tijelo giba jednoliko ubrzano, ili pak pokazati da vrijedi za neki određeni proces. Slično se može pokazati i to da vrijedi zakon očuvanja mehaničke energije.

Učenik treba:

- Poznavati smisao i definiciju uvedenih pojmova (W , P , E_k , E_p),
- znati izračunati rad u različitim slučajevima, uz djelovanje konstantne sile,
- steći proceduralno znanje o teoremu pretvaranja rada u promjenu energije te
- znati praktično primijeniti zakon očuvanja energije.

1.15. SLOŽENA GIBANJA, VODORAVNI HITAC

Načelo neovisnosti gibanja. Slaganje gibanja. Vodoravni hitac kao složeno gibanje. Domet vodoravnog hica.

Napomene

Načelo neovisnosti gibanja, kao i slaganje gibanja, treba prvo (nakon problematiziranja situacije) pokazati pokusom. Pritom se to može objasniti svojstvima vektorskih veličina, da ih možemo rastaviti u međusobno neovisne sastavnice. Domet vodoravnog hica također bi trebalo izmjeriti u pokusu i usporediti s teorijskom vrijednošću.

1.16. GRAVITACIJSKA SILA I

Povijesni razvoj ideje o gibanju nebeskih tijela: Ptolomej, Kopernik, Kepler, Galilei. Kritični problem znanosti u 17. stoljeću: koje sile djeluju na gibanje planeta? Newtonovo otkriće zakona gravitacijske sile na temelju gibanja Mjeseca oko Zemlje. Sila teža kao poseban slučaj gravitacijske sile.

Napomene

Učenici trebaju razumjeti genezu otkrivanja zakona gravitacijske sile, kao i epohalno značenje toga otkrića za razvoj ljudske misli te proceduralno usvojiti zakon gravitacijske sile.

1.17. GRAVITACIJSKA SILA II

Primjena zakona za gravitacijsku silu na različite probleme: a) objašnjenje Keplerovih zakona (za aproksimaciju kružnih putanja), b) određivanje mase planeta iz poznatih parametara putanje, c) otkriće novih planeta, d) gibanje umjetnih satelita, te e) kvalitativno tumačenje plime i oseke.

Napomene

- Učenici trebaju (aktivnim sudjelovanjem u rješavanju problemskih situacija) razumjeti primjenu zakona za gravitacijsku silu u navedenim problemima,
- Učenici se trebaju osposobiti za samostalno primjenjivanje zakona za gravitacijsku silu na jednostavnijim problemima.

1.18. TORRICELLIJEVO OTKRIĆE. TLAK U FLUIDU

Torricellijev model atmosfere, otkriće barometra. Važne implikacije za daljnji razvoj znanosti: uklanjanje ti-sućljetne dogme "horror vacui", utjecaj na razvoj vakuum-ske tehnologije (von Guericke), proučavanje plinova (Boyle) itd.

Tlak u tekućini. Pascalov zakon. Hidraulična dizalica. Hidrostatski tlak, ovisnost o dubini. Spojene posude. Manometar.

Napomene

Učenici trebaju doživjeti razmatrane pojave, tj. pokusom steći fizičko iskustvo. To se ponajprije odnosi na hidrostatiku, dok je u razmatranju atmosferskoga tlaka dovoljno upoznati živin barometar i načelo njegova rada.

Učenik treba biti uključen u postupak u kojemu se pokusom opažene pojave objašnjavaju pomoću osnovnih zakona mehanike, što rezultira izvođenjem Pascalova zakona i izraza za hidrostatski tlak.

Učenik treba biti u stanju primjenjivati znanje i razumijevanje tih sadržaja na jednostavnijima, ali za njega novim problemima.

1.19. UZGON. ARHIMEDOV ZAKON

Zašto različita tijela plivaju, lebde ili tonu u tekućini? Uzgon. Arhimedov zakon. Primjena na određivanje gustoće tijela, odnosno tekućine. Hvatište uzgona.

Napomene

Ti relativno jednostavni sadržaji prikladni su za učeni-kovo samostalno rješavanje problemskih situacija.

1.20. BERNOULLIJEV EFEKT U HIDRODINAMICI

Elementi hidrodinamike: laminarno i turbulentno protjecanje, stacionarno protjecanje, strujnice. Demonstriranje Bernoullijeva efekta. Bernoullijeva jednadžba - izvod. Hidrodinamički tlak. Primjena Bernoullijeva efekta na različitim primjerima: mjerači protoka tekućina, venturijska cijev, načelo raspršivača, potlak na avionsko krilo, itd.

Drugi razred

SADRŽAJI I ZADACI:

2.1.-2.2. MAKROSKOPSKO PONAŠANJE IDEALNOGA PLINA

Makroskopski opisi idealnoga plina. Plinski zakoni: Boyle-Mariottov, Gay-Lussacov, Charlesov. Jednadžba stanja idealnoga plina.

Napomene

Povijesno značenje ovih sadržaja - Boyle (1662.), nastavljanje na rezultate Torricellija, počeci vakuum-ske tehnologije.

Epistemološko značenje za nastavu - relativno jednostavno se u razredu mogu "otkriti" poznati fizikalni zakoni na osnovi povijesne problemske situacije, kao i njenoga razrješavanja pokusom.

Razvijanje sposobnosti: a) stjecanje vještine za pokus provjera pogrešaka u mjerenju, izbjegavanje grubih pogrešaka (koje se ovdje mogu potkrastiti), b) intelektualni razvoj: kontrola varijabli; u svakom pokusu biraju se dvije

ijable, dok treća ostaje fiksna. Proporcionalna logika (primjer $p \propto 1/V$ uz $T = \text{konst.}$).

3. MOLEKULARNO-KINETIČKI MODEL IDEALNOGA PLINA

Tumačenje jednadžbe stanja idealnoga plina molekulo-kinetičkim modelom, primjenom temeljnih zakona mehanike. Usporedba teorijskoga i pokusnoga nalaza. Veza između temperature i srednje kinetičke energije molekula. Srednji slobodni put. Primjene jednadžbe stanja idealnoga plina.

Napomene

Epistemološko značenje: Sadržaji su idealni za ilustraciju (na razini srednje škole) putova kojima se fizika razvija te načina na koji ona funkcionira. Vidi se međuodnos fizikalnoga zakona (dobivenoga manje-više iskustveno) i teorije, što uključuje postavljanje hipoteze i konstruiranje modela. Posebno je važno što se makroskopsko ponašanje može objasniti u sklopu mikroskopskoga modela, u svijetu nevidljivih atoma i molekula.

Sadržaji su primjereni za konstruktivistički pristup. To znači da učenici aktivno sudjeluju (u interaktivnoj atmosferi) u konstruiranju modela te u primjeni na modelima poznatih mehaničkih pojmova i zakona (impuls, količina gibanja, sila, akceleracija, brzina, elastični sudar, i tako dalje), što dovodi do stvaranja teorije.

2.4. MOLEKULARNA GRAĐA TVARI

Brownovo gibanje - pokusna potvrda kinetičke teorije plinova. Difuzija. Ponašanje realnih plinova. Sile među molekulama. Molekularno-kinetički model tvari (kvalitativni) i agregatna stanja.

Napomene

Brownovo gibanje (i difuziju) treba svakako vidjeti i posmatrati u pokusu, ili bar na filmu. Brownovo gibanje je jedan sadržaj za raspravu o odnosima između opažanja i teorije. Opći molekularno-kinetički model tvari moguće je u predviđenom vremenu, dati tek grubo i kvalitativno.

2.5.-2.6. ZAKONI TERMODINAMIKE

Termodinamičko stanje sustava i unutarnja energija. Zamjena unutarnje energije sustava izmjenom topline i mehaničkim radom. Povijesni razvoj pojma toplina ("kalorija"), današnja definicija topline. Nulti zakon termodinamike. Prvi zakon termodinamike kao poseban slučaj konačnog očuvanja energije. Drugi zakon termodinamike (makroskopski, kvalitativno). Strojevi i hladnjaci (fenomenološki).

Napomene

Sadržaji trebaju imati određenu povijesnu potku. Zanimljiv je razvoj pojma toplina, jer su neke prijašnje korijekularne teorije topline (s današnjega gledišta grešne) intuitivno nazočne kod učenika i teško ih je prihvatiti, ako se o tome izriječno ne raspravlja. Na ovaj način i u predviđenom vremenu nije moguće ići u detaljniji kvalitativan pristup, npr. računanje rada u nekima posebnim procesima (adijabatskom ili izotermnom), ili analitičko tretiranje Carnotova procesa, a posebice to vrijedi za probleme realnih strojeva. Stoga se preporučuje kvalitativan pristup ovima, inače važnim sadržajima, osobito za razvoj mehanike.

2.7. ELEKTRIČNA INTERAKCIJA

Gilbertovi pokusi s nabijenim tijelima. Električni napon. Coulombova sila. Zašto su od Gilbertovih postignuća Coulombova zakona prošla gotovo dva stoljeća?

Napomene

U kombinaciji povijesnoga pristupa i pokusa u razredu, spoznati da postoje dvije vrste "elektriciteta". Konstruiranje fizikalnoga koncepta "električni naboj". Točkasti naboj kao idealizacija.

Na povijesnom primjeru otkrića Coulombova zakona prikladno je raspraviti utjecaj predviđanja na rezultat pokusa te ulogu analogija u fizici.

2.8.-2.9. ELEKTRIČNO POLJE I NAPON

Protumačiti pojam električno polje i jakost električnoga polja. Definicija električnoga polja. Model silnica električnoga polja. Homogeno električno polje i polje točkastoga naboja. Električna potencijalna energija. Električni napon na primjeru homogenoga električnog polja. Jedinice.

Napomene

Učenik treba:

- shvatiti nove pojmove (električno polje i napon) kao daljnji korak u izgradnji konceptualnog ustroja fizike,
- znati proceduralno vezu između sile i polja ($F=qE$), razlike potencijalne energije i napona ($E_p/q=U$) te za homogeno polje vezu između polja i napona ($E=U/d$),
- znati nacrtati silnice za sustave od dva jednaka ili protivna naboja te za slične jednostavne sustave naboja.

2.10. ELEKTRIČNI KAPACITET

Pojam električnoga kapaciteta. Kapacitet ravnoga zračnog kondenzatora. Električno polje u ravnom kondenzatoru. Farad, mikrofarađ, pikofarađ. Primjeri.

Napomene:

Ne treba ići u velika uopćavanja. Dovoljno je da učenik shvati ulogu toga navedenog pojma i kako se računa. Polje u ravnom kondenzatoru trebat će nam u sljedećim sadržajima.

2.11.-2.12. GIBANJE NABIJENE ČESTICE U ELEKTRIČNOM POLJU

Razvoj ideje o elektronu, katodne zrake Millikanov pokus. Osnovni električni naboj. Primjeri s gibanjem nabijenih čestica u električnom polju. Načelo osciloskopa.

Napomene

Učenik treba:

- znati interpretirati ponašanje katodnih zraka te Millikanov pokus s određivanjem naboja elektrona,
- znati primijeniti znanje iz mehanike za gibanje nabijenih čestica u homogenom električnom polju (analogija s horizontalnim i kosim hicem),
- razumjeti osnovno načelo rada katodne cijevi i osciloskopa.

2.13. ISTOSMJERNA STRUJA

Istosmjerna struja. Nositelji naboja. Električni otpor i otpornost, Jouleova snaga. Ohmov zakon. Tumačenje električnoga otpora u metalu modelom slobodnih elektrona. Omski i neomski materijali. Serijsko i paralelno spajanje otpornika.

Napomene

Ovi sadržaji obuhvaćaju razvoj u zadnjih 200 godina. Stoga se u uvodnom dijelu preporučuje povijesni pristup povezati s pokazivanjem pokusa, jer se tako može najbolje

3.16-3.17. ELASTIČNI VALOVI

Pojavno proučavanje valnoga gibanja na dugačkoj pruži. Podjela valova. Jednadžba ravnoga vala. Refleksija vala na čvrstoj i slobodnoj granici. Načelo superpozicije valova, interferencija. Stojni valovi u napetoj žici. Brzina astičnoga vala u napetoj žici, u masivnom čvrstom tijelu i u fluidu.

3.18-3.19. ZVUK

Priroda zvuka. Intenzitet zvuka, decibel. Osjetljivost ljudskoga uha. Načelo funkcioniranja glazbenih instrumenata. Boja zvuka. Interferencija zvuka, udari. Dopplerov efekt.

3.20. UDARNI VALOVI

Primjeri udarnih valova. Tumačenje nastajanja stožastih valnih fronta. "Probijanje zvučnoga zida". Mah. Primjeri iz svakidašnjega života.

Napomene za 3.16-3.20.

Sadržaji su izabrani po istim kriterijima kao i 3.11-3.13., iz to se na njih i nastavljaju. Konstruktivistički pristup dje bi trebao biti još izrazitiji. Za rješavanje novih problemskih situacija i konstruiranje novoga znanja, učenik mora uporabiti gotovo cjelokupno svoje dotadašnje poznavanje mehanike.

Sadržaji su bliski različitim životnim situacijama, pa učenicima zanimljivi. Iako su sadržaji "klasični", važni za razvoj fizike, jer su pridonijeli vjerodostojnosti "valne riječi" i tako omogućili njenu važnu ulogu u razvoju moderne fizike.

Četvrti razred

ZADACI I SADRŽAJI:

SVJETLOST

3.1-4.2. Povijesni razvoj spoznanja o svjetlosti. Zakoni netiriske optike. Fermatovo načelo. Disperzija svjetlosti. Totalna unutrašnja refleksija, optička vlakna. Rani razdela o dva ključna problema: brzina svjetlosti, priroda svjetlosti. Mjerenje brzine svjetlosti.

3-4.4. Valna svojstva svjetlosti. Youngov pokus, interferencija svjetlosti. Difrakcija. Polarizacija. Interferencijska rešetka. Spektroskop.

Napomena

Uzlog je za navedeni redoslijed sadržaja o svjetlosti taj, kombinacijom povijesnoga i eksperimentalnoga približi svjetlost kao fizikalna pojava te se uočeni problemi koji se nameću u svezi sa svjetlošću. Problemske situacije stvaraju se na osnovi povijesnih problema i rješavaju se (kad god je to moguće) pokusom u laboratoriju.

5. ELEKTROMAGNETSKI VALOVI

Razvoj ideje o elektromagnetskim valovima, doprinosi Maxwella i R. Hertza. Kvalitativno tumačenje nastanka elektromagnetskoga vala u anteni odašiljača, mehanizma njihovog prostiranja. Spektar elektromagnetskih valova.

Napomena

Učenici se sadržaji trebaju obraditi kvalitativno, jer dublji matematički pristup nije moguć na ovoj razini. Tek ovdje treba razpravljati o radio-valovima i rentgenskim zra-

kama. Učenicima mora biti jasno po čemu su elektromagnetski valovi analogni elastičnim valovima, a po čemu nisu (tzv. pozitivna i negativna analogija).

4.6-4.7. VALNO-ČESTIČNA PRIRODA SVJETLOSTI

Fotoelektrični efekt, problem tumačenja rezultata pokusa. Einsteinovo tumačenje fotoelektričnoga efekta. Fotonska teorija svjetlosti. Što je zapravo priroda svjetlosti?

Napomena

Einsteinovo kreiranje fotona čini revolucionarni pomak u razvoju fizike, što se mora doživjeti i u razredu. Naoko paradoksalni rezultati pokusa u svezi s fotoelektričnim efektom mogu se učinkovito pokazati u razredu. Time se izaziva problemska (ili konfliktna) situacija, koja se nastoji riješiti u razredu. Nakon različitih pokušaja, rješenje se nalazi u Einsteinovu tumačenju.

Sadržaji su osobito primjereni za razmatranje odnosa između pokusa i teorije u fizici.

4.8-4.9. RAZVOJ IDEJE O MODELU ATOMA

Thomsonov model. Rutherfordov model. Bohrova hipoteza o diskretnim energijskim razinama atoma, Bohrov model atoma (bez detaljne kvantitativne razrade vodikova spektra). Frank-Hertzovi pokusi i potvrda Bohrove hipoteze.

Napomena

U povijesnom slijedu najbolje se vidi razvoj ideje o atomu te kako se u procesu provjeravanja i usavršavanja postojećega modela dolazi do novoga. Tim se sadržajima slikovito pokazuje da nijedan fizikalni model ne opisuje stvarnost u cijelosti. Važno je uočiti velik doprinos Bohrove modela atoma razvoju fizike, unatoč njegovima uočljivim nedostacima, i sa spoznajnoga stajališta i sa stajališta primjenjivosti.

Franck-Hertzovi pokusi (ili analogni školski pokusi) trebali bi se prikazati u razredu, ako je to moguće. U svakom slučaju treba detaljno opisati nakanu, tijek i rezultat tih pokusa, koji su prvi potvrdili ispravnost osnovne Bohrove ideje.

4.10-4.11. VALOVI I ČESTICE

De Broglieva relacija. Difrakcija elektrona. Valovi i čestice. Neke osnovne ideje kvantne mehanike. Heisenbergove relacije neodređenosti. Apsorpcija i emisija svjetlosti. Kvantnomehanički model atoma.

Napomena

Učenik treba biti u stanju:

- navesti i praktično upotrijebiti De Broglievu relaciju,
- opisati kvalitativno načelo pokusa, kojim se difrakcijom pokazuje valna priroda elektrona,
- razumjeti da ti valovi nisu elektromagnetski valovi, već matematičke konstrukcije, povezane s vjerojatnošću nalaženja čestice u određenom dijelu prostora,
- navesti i praktično primijeniti relacije neodređenosti,
- objasniti da Bohrov model atoma nije u skladu s relacijama neodređenosti,
- opisati kvalitativno važeći kvantnomehanički model atoma, razumjeti da je to matematički model te da tu nisu moguće detaljnije zorne predodžbe.

4.12. LASERI

Stimulirana emisija svjetlosti. Načelo rada lasera. Primjene.

4.13-4.15. FIZIKA ČVRSTOG STANJA

Električna svojstva čvrstih tvari: metali, poluvodiči, izolatori. Supravodiči. Uloga novih materijala u znanstvenotehnološkoj revoluciji.

4.16-4.17. ATOMSKA JEZGRA

Radioaktivni raspad; alfa, beta i gama-radioaktivnost. Atomska jezgra. Vrijeme poluraspada. Nuklearne reakcije. Energija vezanja, defekt mase. Fisija i fuzija.

Napomena

Budući da pokuse iz navedenih sadržaja nije lako izvesti u razredu, preporučuje se povijesni pristup s opisom i kritičkim razmatranjem povijesnih pokusa, koji su doveli do važnih otkrića: radioaktivnosti, neutrona, prve fisione reakcije, itd.

4.18-4.19. ELEMENTARNE ČESTICE I SVEMIR

Koncept elementarnih čestica. Postanak i razvoj svemira. Veliki prasak. Osnovni nuklearni procesi u zvijezdama, postanak kemijskih elemenata.

Napomena za 4.10-4.19.

U predočavanju ovih sadržaja moderne i suvremene fizike osnovni je problem kako demonstrirati fizikalnu bit sadržaja, a pritom ne prijeći razinu, koja je dopuštena za 4. razred. Matematički formalizam kvantne mehanike za tu je razinu potpuno neprimjenjiv, a kvalitativne i zorne predodžbe nisu uvijek dovoljno točne. Kao osnovno mjerilo primjerenosti preporučuje se pronalaženje takvih fizikalnih sklopova unutar kojih učenici (još) mogu misliti, odnosno stvarati vlastita značenja.

Dodatak B- inačici za prirodoslovne gimnazije

(3 sata tjedno)

Predlažu se iste teme kao i za gimnazije općega smjera. Sadržaji se izvode s većom dubinom te s više pokusnoga rada učenika. To osobito vrijedi za 1., 2. i 4. razred, dok se za 3. razred predlažu još i dodatne teme.

3. razred:

- Određivanje električnoga polja u odabranim situacijama, sa simetrično raspoređenim nabojem,
- Električni potencijal. Ekvipotencijalne plohe,
- Ponašanje nabijenoga izoliranog vodiča. Faradayev kavez. Elekt šiljka u izbijanju i nabijanju vodiča,
- Još o električnom kapacitetu. Utjecaj dielektričnog, sredstva na kapacitet kondenzatora. Polarizacija,
- Energija kondenzatora. Gustoća energije električnog, polja,
- Magnetsko polje, magnetski dio Lorentzove sile kao vektorski produkt. Gibanje nabijene čestice u magnetskom polju za slučajeve kad brzina čestice nije normalna na B te pod istodobnim djelovanjem E i B,
- Energija strujne zavojnice. Gustoća energije magnetskoga polja,
- Magnetsko polje Zemlje.

Razloži što se dodatne teme predlažu baš za 3. razred, a ne i za ostale, ovi su:

- u trećem razredu učenici već vladaju osjetno većim matematičkim znanjem negoli u 1. i 2. Predloženi dodatni sadržaji omogućuju da se neke teme (iz programa za opći smjer) obrade dublje, i konceptualno i analitički,
- neki od tih sadržaja sastavni su dio programa međunarodne olimpijade.

III. DIDAKTIČKE UPUTE

A-inačica

U nastavi fizike učenici trebaju naučiti fizikalne pojave pomoću pokusa i teorije. Treba naglasiti međuigru i uzajamni utjecaj teorije i pokusa, što je obilježje stjecanja znanja u prirodnim znanostima. Ta se međuigra predočuje u usporednoj uporabi i preplitanju induktivne i deduktivne metode. Obje metode trebaju se primjenjivati u nastavi fizike. Pojednostavljeno se može reći da se u induktivnoj metodi polazi od rezultata pokusa ili računalne simulacije, a u deduktivnom pristupu dane fizikalne zakonitosti provjeravaju pokusom ili računalnom simulacijom. U ta dva pristupa pokusi ili računalne simulacije ispunjavaju različite uloge. To znači da su pokusi ili računalne simulacije jedan od važnih činitelja, koji trebaju nositi nastavu fizike. Nastava fizike bez pokusa ne može zadovoljavajuće predstaviti fizikalne metode i pojmove. Zanimljivi pokusi znatno pridonose povećanju motivacije učenika i razvoju zornih predodžbi.

Treba skrbiti o tomu da je uenicima razumijevanje fizikalnih pojmova pomoću pokusa i teorije prilično težak spoznajni proces. Učinkovitost nastave fizike ovisi o prilagođenosti toga spoznajnoga procesa psihološkim osobinama i misaonim djelatnostima učenika te o uspjehu da se privuče i zadrži njihova pozornost.

Za učenika trebaju pojedini koraci u nastavi fizike biti opsežno i razumljivo izraženi. Učenici trebaju dobro shvatiti postavljanje problema i dobivanje njihova rješenja. Pritom im treba ostaviti dovoljno vremena i slobode da uoče teškoće, koje se javljaju i da mogu smisliti postavke za rješavanje. Prije nego što se pristupi matematiziranju fizikalnih odnosa, treba provjeriti ima li učenik zaista potrebna predznanja. Ako je potrebno, valja ponoviti ili utvrditi nužne matematičke metode. Stečena znanja treba utvrđivati vježbama i ponavljanjima. Pritom se ne smije ograničavati na puku reprodukciju naučenoga, nego uводити i nova gledišta u naučeno gradivo. Ponavljanjem, sažimanjem i svrstavanjem gradiva može se pridonijeti građnji strukturiranoga znanja. Time se poboljšava i mogućnost prenošenja znanja na nove probleme.

Učenike treba u sklopu mogućnosti uводити u samostalan rad i osobnu djelatnost. Rasprava tijekom nastave pridonosi razvoju samostalnosti učenika. Dobri rezultati dobivaju se kad učenik prihvatiti fizikalni problem kao svoj, samostalno predlaže postupke za rješavanje, a nastavnik usmjerava ukupni tijek nastavnoga procesa.

Apstraktni pojmovi i definicije najbolje se usvajaju radom i određenim ilustracijama, a slojevite međuveze treba raščlaniti. Primjereno treba kombinirati predavanja nastavnika i ueničke referate, upućivati na veze s drugim temama, osvrnati se na širi pregled i perspektive.

U nastavi fizike samostalnost učenika na posebne načine potiče individualni, partnerski i skupni rad. Individualni rad dobar je u brojčanim i grafičkim obradama mjernih rezultata i pri rješavanju zadataka za vježbu. Partnerski rad se preporučuje u planiranju jednostavnijih pokusa i u raspravi postavki za rješavanje problema. Skupni rad odgovarajući je osobito u planiranju slojevitih pokusa i razvoja radnih strategija. Prema okolnostima, skupni se rad može izvoditi izravno ili razložiti po koracima ili dije-

lovima. Osobit oblik skupne nastave u prirodnim znanostima čine školski pokusi, koje izvode učenici sami. Školski pokusi povećavaju motivaciju učenika za nastavu fizike. Neposredno sudjelovanje u pokusu daje uvid, iskustvo i vještine, što nije moguće postići pokazanim pokusom.

U školskim pokusima mogu se razlikovati ovi ustrojbeni oblici:

- izravni pokusi,
- pokusi s različitim zadacima,
- pokusi u smislu praktikuma glede neke nastavne teme.

U nastavi fizike treba izbjegavati svaku metodičku jednostranost. S obzirom na didaktičku situaciju, treba spajati razne oblike nastave.

U nastavi fizike primjenjuju se razni mediji (posrednici i prenositelji priopćenja: udžbenici, priručnici, zbirke, uređaji za pokuse, računalo, projektor, televizor, itd.). Pritom se razlikuju mediji, koji daju pokusne podatke i mediji, koji služe za posredovanje informacija. Međutim, razdjelnica između tih dviju skupina medija nije uvijek oštra.

Uloga je medija:

- da je u skladu s nastavnom zamisli i podržava je, medij u nastavi ne smije biti sam sebi svrhom,
- da daje stručno ispravan i jezično primjeren nastavni materijal za učenike, prilagođen njihovu razumijevanju,
- da je izloženi materijal pregledno i razumljivo raščlanjen,
- da su metodička pojednostavljenja u sklopu granica koje se mogu strukovno trpjeti,
- da opseg priopćenja bude primjeren, tj. da se izbjegne prevelika gustoća informacija,
- da omogućuje prekide u izricanju priopćenja, koji mogu poslužiti za postavljanje pitanja i odgovora na njih te eventualna dodatna priopćenja.

Posebnu i sve veću ulogu u nastavi fizike ima računalo. Računalo se može primjenjivati osobito za:

- opsežnije brojčane proračune,
- obradu rezultata mjerenja,
- programiranje fizikalnih formula,
- simulaciju fizikalnih zakona,
- imitaciju i simulaciju fizikalnih pokusa.

Možemo razlikovati nastavu fizike u prirodoslovno-matematičkim gimnazijama (s osobinama naprednoga tečaja) i nastavu fizike u svima drugim gimnazijama (s osobinama osnovnoga tečaja).

U izvođenju nastave na razini osnovnoga tečaja treba izbjegavati sljedeće pogreške:

- razina zahtjevnosti ne smije biti suviše niska, što se može dogoditi ako se usmjerava samo na pregledno znanje u smislu osnovne usmjerenosti, a sasvim zanemari pojedinačni pristup i samostalan rad učenika,
- razina zahtjevnosti ne smije biti suviše visoka, što se može dogoditi ako se pretjerano usmjerava na rješavanje brojčanih zadataka, ili se uzima suviše širok opseg gradiva u odnosu na raspoloživ fond sati nastave,
- razina razlikovitosti gradiva ne smije prelaziti sklop svojstven osnovnom tečaju.

U izvođenju nastave proširenoga tečaja (u ovoj fazi to se odnosi ponajviše na nastavu fizike u prirodoslovno-matematičkim gimnazijama) treba učiniti ovo:

- izbjegavati pretjeranu specijalizaciju, koja bi umjesto željenoga produbljivanja slojevitosti odnosa i bogatstvom pogleda isticala posebnu stručnu jednostranost,
- izbjeci preopterećenost gradivom do koje može doći, ako bi se nastojalo jednoliko obraditi šire područje fizike,
- izbjeci da se u gimnaziji obrađuju pojedini dijelovi na razini fakultetskoga studija.

B-inačica

Da se program razvija u skladu s navedenim ciljevima, trebalo ga je sastaviti po određenim mjerilima. Osnovne odrednice su:

1. IZBOR I REDOSLJED SADRŽAJA.

Odabrani su oni sadržaji koji su: a) temeljni, b) važni za izgradnju fizikalne "mape pojmova", c) primjereni i prikladni za intelektualni razvoj učenika. Razvoj fizike sastoji se zapravo od stvaranja novih fizikalnih pojmova (koncepta), kao i njihovih uzajamnih veza, pomoću kojih se pokušavaju što bolje i zanimljivije opisati fizikalne pojave. To se očituje i u ovom programu. Budući da iz samoga odabira sadržaja ne bi bilo uočljivo kako su oni međusobno povezani, to je kod većine tema u napomenama pobliže navedeno kako se ta veza zamišlja.

2. PRIMJENA MATEMATIČKOGA APARATA.

Dopušteno je, u pravilu, primjenjivati samo one sadržaje iz matematike, koji su bili prethodno obrađivani u matematičkim predmetima. Osobito se ne preporučuje prijevremena uporaba postupka deriviranja i integriranja, kao ni trigonometrijskih funkcija. Taj kriterij znatno utječe na izbor sadržaja (ako ih želimo razmatrati u sklopu sasvim određene matematičke reprezentacije), a još više na redosljed sadržaja. Zato se, npr. titranja i valovi, po ovom programu, obrađuju tek u drugom polugodištu 3. razreda, tj. upravo nakon što su učenici obradili trigonometrijske funkcije u predmetu "matematika".

3. PRISTUP NASTAVNOM PROCESU.

U programu je zamišljeno da se sadržaji razvijaju postupno, na temelju promišljenih problemskih situacija. Bez problemske situacije nema ni intelektualnoga razvoja. Predlaže se, u skladu sa suvremenim kretanjima u svijetu, naglašeno interaktivan nastavni proces i djelatna uloga učenika u procesu učenja. Iz problemskih situacija u razredu se konstruiraju rješenja, odnosno novi fizikalni pojmovi i uzajamne veze među njima. Udžbenik, koji bi se razvio na osnovi toga programa, trebao bi biti gotov predložak za takav oblik nastavnoga procesa. Pritom bi nastavnik (ako radi po takvom programu i udžbeniku) još imao neograničene mogućnosti za vlastito stvaralaštvo.

4. ULOGA POKUSA.

U programu je uloga fizikalnoga pokusa u razredu istaknuta. Istina je da su pokusi i opažanja u temeljima fizike i imaju temeljnu ulogu u njenom razvoju. Uloga pokusa u nastavi fizike još je važnija glede didaktičke prirode. Naime, otvaranje problemske situacije efektivnim pokusom znatno je učinkovitije i vremenski ekonomičnije od usmenoga opisiviranja iste fizikalne pojave. Tu dolazi do izražaja učinak prepoznavanja, kao jedna od značajki ljudskoga opažanja. U ovom je programu na nekim mjestima izričito navedeno (u napomenama), što treba pokazati pokusom, no naravno pokus će se uporabiti i pri obradi drugih tema.

Jedna stvar mora biti sasvim jasna. Onaj učenik koji još nije dosegao stupanj apstraktnoga mislitelja (stupanj izvođenja formalnih operacija), i to razmišljanjem u sklopu fizikalnih sadržaja, nije u stanju razumjeti formalno izlaganje novih fizikalnih sadržaja bez prethodnoga izvođenja određenog pokusa. Po prirodi stvari, prvo dolazi stjecanje fizičkoga iskustva (za svaki novi sadržaj), a tek na toj osnovici može se razviti logičko-matematičko iskustvo.

Jednom riječju, nazočnost fizikalnoga pokusa u razredu je prijeko potrebna, i to (u pravilu) prije analitičkoga razmatranja dane pojave.

5. ULOGA POVIJESTI I FILOZOFIJE FIZIKE.

Drži se da je jedna od glavnih slabosti mnogih programa fizike u svijetu ta, što zanemaruju značenje povijesti i filozofije fizike. Tu se ne misli samo na slijed datuma i ime-

na, već na povijesni razvoj bitnih znanstvenih ideja. U ovom je programu povijesno-filozofsko gledište fizike osobito naglašeno. Na osnovi povijesnih problema otvaraju se problemske situacije u razredu, a njihovim rješavanjem (obično u sprezi s pokusom) dobiva se uvid u razvoj fizikalnih pojmova i fizike uopće. Time se postiže uvjerljivije predočavanje fizike kao žive i dinamičke znanosti, koja ima svoju genezu, a ujedno se izbjegava opasnost da učenici doživljavaju fizikalna dostignuća kao dogme.

Didaktičke upute iznesene su također u programskoj građi, uz pojedine teme.

B. Dvogodišnji program

I. SVRHA I CILJ

Pristup izradi sadržaja u ovom programu je općeobrazovni s elementima završnosti, pa je sastavljen da omogućiti razumjevanje načina fizikalnoga opisa prirode i primjenu usvojenih načela i koncepata u stvarnim situacijama.

Osnovni ciljevi i zadaća programa su da učenici:

- shvate eksperimentalnu i teorijsku osnovu fizike, koje imaju svoja ograničenja,
- razumiju način stvaranja u znanosti, od hipoteze preko pokusa do teorijskoga modela,
- primjene fizikalna načela u objašnjavanju pojava i situacija koje svakodnevno zapažamo,
- shvate fiziku kao ljudski napor primjenjiv u modernoj tehnologiji i životnu snagu gospodarstva s velikim utjecajem na društvo.

II. PROGRAMSKA GRAĐA

Prva godina

ZADACA

Obraditi pojmove i načela osnovnih zakonitosti gibanja. Razvijati i razraditi koncept sile i polja u mehanici i elektromagnetizmu te koncept rada i energije u mehanici, toplini i elektromagnetizmu.

SADRŽAJI

1. Gibanje

- 1.1. Put i pomak.
Vektori i skalari.
Operacije s vektorima.
- 1.2. Brzina.
Srednja i trenutna brzina.
Grafčko prikazivanje gibanja.
- 1.3. Akceleracija.
Srednja i trenutna akceleracija.
- 1.4. Gibanje sa stalnom akceleracijom.
Jednoliko pravocrtno i jednoliko ubrzano i usporeno gibanje.
- 1.5. Slobodni pad.
Hici.

1.6. Kružno gibanje.

- 1.7. Translacija i rotacija.
Analogija između kinematičkoga opisa translacije i rotacije.

2. Sile i polja

- 2.1. Sila i masa. Osnovne sile u prirodi.
Mjerenje sile i mase.
Količina gibanja.
- 2.2. Newtonovi zakoni mehanike. Primjene.
Zakon očuvanja količine gibanja.
Dinamika kruznoga gibanja.
Ravnateža krutoga tijela.
- 2.3. Gravitacijska sila i polje.
Sila teža i gravitacijska sila.
Gibanje planeta i satelita.
Jakost gravitacijskoga polja.
- 2.4. Električna sila i polje.
Električni naboj.
Coulombov zakon.
Jakost električnog polja.
Električno polje u vodiču i izolatoru.
- 2.5. Magnetsko polje.
Magnetsko polje Zemlje.
Magnetske domene.
- 2.6. Sile u hidromehanici. Tlak.
Vanjski tlak na fluide.
Hidrostatski i atmosferski tlak.
Uzgon.

3. Rad, energija i snaga

Rad u mehaničkim sustavima

- 3.1. Rad i energija,
Rad stalne sile.
- 3.2. Kinetička i potencijalna energija,
Gravitacijska potencijalna energija.
- 3.3. Mehanička energija i drugi oblici energije,
Unutarnja energija i toplina.
- 3.4. Zakon očuvanja energije i mehaničke energije.
Primjene.
- 3.5. Snaga. Jedinice za snagu.

Rad u električnim sustavima

- 3.6. Rad električne sile,
Električna potencijalna energija.
Potencijal i napon,
Kondenzatori.

Druga godina

Z A D A Ć A

Razraditi i proširiti već dijelom poznate sadržaje iz ranijega školovanja o električnoj struji i elektromagnetizmu. Povezati obradom mehaničkoga i električnoga titranja te mehaničkih i elektromagnetskih valova strukturne pojmove (čestice, valove i polja). Prikazati i konstruirati osnovne pojmove, modele i teorije moderne fizike iz područja atomske i nuklearne fizike.

S A D R Ź A J I

4. Električni naboji i njihovo gibanje

- 4.1. Električni naboji. Elektroni i ioni.
4.2. Električna struja.
Jakost i gustoća električne struje.
4.3. Električni otpor.
Ohmov zakon,
Vodiči, izolatori i poluvodiči,
Izvori napona, elektromotorna sila i unutarnji otpor.
4.4. Rad i snaga električne struje.
4.5. Magnetsko polje struje.
Oerstedov pokus.
Magnetsko polje zavojnice i ravnoga vodiča.
Djelovanje magnetskoga polja na vodič i vodiča na vodič kada njima teče struja - elektromotor.
Gibanje naboja u magnetskom polju.
4.6. Elektromagnetska indukcija. Primjene.
Faradayev zakon indukcije.
Samoindukcija i induktivitet.

5. Titranje i valovi

- 5.1. Harmoničko titranje. Period i frekvencija.
Harmonička sila. Matematičko njihalo.
Rezonancija.
5.2. Valovi. Brzina, valna duljina i frekvencija.
5.3. Superpozicija valova.
5.4. Zvučni valovi.
5.5. Elektromagnetski titraji i valovi.

6. Optika i optički sustavi

- 6.1. Priroda svjetlosti.
Spektar elektromagnetskih valova.
6.2. Refleksija svjetlosti. Zrcala.
6.3. Lom svjetlosti.
Leće.
Totalna refleksija.
Svjetlovodi.
Disperzija svjetlosti.
6.4. Svjetlost kao val.
Interferencija, ogib i polarizacija.
Primjene.

7. Atomi i kvanti

- 7.1. Fotoelektrični efekt. Čestična priroda svjetlosti.
7.2. Valna priroda čestica. Ogib elektrona,
Elektronski mikroskop.
7.3. Modeli atoma.
7.4. Zračenje iz atoma,
Emisija i apsorpcija svjetlosti.
Radioaktivnost.

III. DIDAKTIČKE UPUTE

Program je otvoren izboru u izvedbenom programu, pa će obrada nekih sadržaja biti kraća, nekih dulja. Jačina obrade pojedinih sadržaja i izbor primjera ovisit će o uvjetima i učenicima u pojedinoj školi, što omogućuje individualizaciju nastave te sticanje osobnosti i ugleda pojedine škole.

Program je konceptualno ustrojen tako da se npr. koncept sile i polja razvija jedinstveno kroz područja mehanike i elektromagnetizma, a koncept rada i energije kroz područja mehanike, topline i elektromagnetizma. Takav način tim više zahtijeva problemski usmjerenu nastavu kvalitativno povezanu sa stvarnim situacijama.

Razina, na kojoj treba ostvarivati program, je od popularno-fenomenološke i rješavanja kvalitativnih problema pomoću pokusa do rješavanja kvantitativnih problema i zadataka. Osnovni cilj ostvarivanja svakoga sadržaja treba biti razumijevanje fizikalnoga smisla, pa je konstrukciju pojmova, modela i teorija potrebno početi od pokusa, odnosno pojave i kvalitativnoga shvaćanja te postupno uvođiti formalno-matematički opis, i to samo onaj koji su učenici svladali u matematici.