

Bosna i Hercegovina  
Federacija Bosne i Hercegovine  
**KANTON SARAJEVO**  
Ministarstvo za odgoj i  
obrazovanje



Босна и Херцеговина  
Федерација Босне и Херцеговине  
**КАНТОН САРАЈЕВО**  
Министарство за одгој и  
образовање

Bosnia and Herzegovina  
Federation of Bosnia and Herzegovina

**CANTON SARAJEVO**  
Ministry for Education

INSTITUT ZA RAZVOJ  
PREDUNIVERZITETSKOG  
OBRAZOVANJA

KANTON SARAJEVO, BOSNA I HERCEGOVINA



ИНСТИТУТ ЗА РАЗВОЈ  
ПРЕДУНИВЕРЗИТЕТСКОГ  
ОБРАЗОВАЊА

КАНТОН САРАЈЕВО, БОСНА И ХЕРЦЕГОВИНА

PRE-UNIVERSITY EDUCATION  
INSTITUTE OF SARAJEVO CANTON  
BOSNIA AND HERZEGOVINA

# Fizika

**Nastavni plan i program  
sa definisanim ishodima učenja**

# SADRŽAJ

PK1 – Opis predmeta.....	3
PK2 – Ciljevi učenja i podučavanja .....	4
PK3 – Oblasna struktura predmetnog kurikulumu.....	4
PK4 – Odgojno-obrazovni ishodi .....	8
Osnovno obrazovanje.....	8
Godine učenja i podučavanja predmeta: 1 .....	8
Godine učenja i podučavanja predmeta: 2 .....	14
Godine učenja i podučavanja predmeta: 3 .....	23
Srednje obrazovanje - Gimnazije.....	33
Godine učenja i podučavanja predmeta: 4 .....	33
Godine učenja i podučavanja predmeta: 5 .....	42
Godine učenja i podučavanja predmeta: 6 .....	50
Godine učenja i podučavanja predmeta: 7 .....	58
Srednje obrazovanje – Fizika gimnazija izborna područja.....	68
Godine učenja i podučavanja predmeta: 4 .....	68
Godine učenja i podučavanja predmeta: 5 .....	76
Godine učenja i podučavanja predmeta: 6 .....	84
Godine učenja i podučavanja predmeta: 7 .....	100
Srednje obrazovanje – Fizika s četiri godine izučavanja.....	108
Godine učenja i podučavanja predmeta: 4 .....	108
Godine učenja i podučavanja predmeta: 5 .....	118
Godine učenja i podučavanja predmeta: 6 .....	126
Godine učenja i podučavanja predmeta: 7 .....	135
Srednje obrazovanje – Fizika s dvije godine izučavanja .....	140
Godine učenja i podučavanja predmeta: 4 .....	140
Godine učenja i podučavanja predmeta: 5 .....	153
Srednje obrazovanje – Fizika s jednom godinom izučavanja .....	165
Godine učenja i podučavanja predmeta: 4 .....	165
PK5 – Učenje i podučavanje .....	176
Fizika - Učenje i podučavanje .....	176

Razvijanje konceptualnog razumijevanja o prirodnim pojavama .....	176
Razvijanje kompetencije za korištenje naučnog metoda .....	176
Korištenje informacijsko-komunikacionih tehnologija u nastavi fizike .....	177
Ostvarivanje međupredmetne povezanosti.....	177
Odgojno djelovanje i ostvarivanje ključnih kompetencija.....	178
Individualizacija i diferencijacija obrazovnog procesa .....	179
Razlike u osnovnoškolskom i gimnazijskom pristupu nastavi fizike .....	180
PK6 – Vrednovanje u predmetnom kurikulumu.....	180
Fizika – Vrednovanje i ocjenjivanje .....	180
Profil i stručna sprema.....	182

# PK1 – Opis predmeta

Jedna od ključnih odgojno-obrazovnih uloga moderne škole ogleda se u razvijanju prirodno-naučne pismenosti kod svih uzrasta. Pri tome se pojam prirodno-naučne pismenosti odnosi na takvo poznavanje i razumijevanje pojmova i metodologije prirodnih nauka, koje omogućava pojedincu efikasno snalaženje u savremenoj svakodnevnicu, uključujući mjerodavno učešće u društvenim i ekonomskim tokovima.

Fizika je fundamentalna prirodna nauka i njeno izučavanje može značajno doprinijeti razvoju prirodno-naučne pismenosti. Kroz nastavu fizike uči se o temeljnim prirodnim zakonitostima, metodama otkrivanja tih zakonitosti, te njihovoj primjeni u svakodnevnicu i tehnologiji. S obzirom da naučna i tehnološka dostignuća predstavljaju neodvojiv dio kulturnog naslijeđa čovječanstva, nastava fizike značajno doprinosi općem obrazovanju i formiranju slike svijeta pojedinca.

Pri tome se kroz nastavu fizike može razvijati svijest o pozitivnom utjecaju napretka fizike na privredno blagostanje, ali i o potencijalnim opasnostima naučno-tehnološkog napretka po ljudsko društvo. Osim toga, učenjem fizike stiže se dobra osnova za razumijevanje ostalih oblasti prirodnih i tehničkih nauka, čime nastava fizike direktno doprinosi razvijanju kompetencija za obavljanje širokog spektra zanimanja. Kroz nastavu fizike također možemo efikasno razvijati svijest o ogromnim potencijalima naučnog metoda i njegovoj sistematičnoj primjeni u rješavanju problema, uključujući i probleme s kojima se susrećemo u svakodnevnicu. Pri tome posebna uloga pripada eksperimentalnom metodu čijom implementacijom možemo izvršiti značajno odgojno djelovanje.

Tako npr. kroz samostalno planiranje eksperimenata razvija se sistematičnost i kreativnost, kroz njihovo provođenje istrajnost, preciznost i odgovornost, a kroz obradu i analizu podataka razvijaju se navike kritičkog promišljanja u svakodnevnicu, čime se oslobađa slijepog vjerovanja u ustaljene naučne paradigme. Najzad, vrijedi istaknuti da se kroz izučavanje fizike potencijalno doprinosi i rješavanju ključnih problema čovječanstva, poput problema globalnog zagrijavanja, problema ograničenosti određenih energetske resursa i zagađenja okoliša.

Sa određenim sadržajima fizike susrećemo se već u okviru predškolskog programa, zatim u okviru predmeta Moja okolina, prije nego što fiziku počnemo učiti kao zaseban predmet u sedmom razredu osnovne škole. Pri tome vrijedi primijetiti da učenje o sadržajima fizike ima različitu funkciju na različitim odgojno-obrazovnim nivoima. U okviru predškolskog programa, zanimljivi i jednostavni eksperimenti iz fizike mogu predstavljati kvalitetan kontekst za odgojno djelovanje i razvijanje socijalnih kompetencija djeteta.

Na nivou osnovnoškolskog odgoja i obrazovanja, učenje o sadržajima fizike treba da bude u funkciji razvijanja prirodno-naučne pismenosti. U okviru srednjoškolske nastave, učenje fizike i dalje treba da doprinosi razvijanju prirodno-naučne pismenosti, ali i da obezbjeđuje osnove za njeno izučavanje na fakultetskom nivou. Najzad, u stručnim školama izučavanje fizike treba koncipirati upravo na način da ono bude u funkciji razvijanja kompetencija odgovarajuće struke.

Općenito, u modernoj nastavi fizike kroz interakciju svih sudionika, treba razvijati konceptualno razumijevanje fizike, učiti o samoj prirodi fizike i njenim metodama, te razvijati svijest o poveznicama fizike, društva i tehnologije.

Fizika sa drugim prirodnim naukama dijeli isti predmet izučavanja (priroda), metode spoznavanja stvarnosti, te slične ključne koncepte poput koncepta energije, interakcije (međudjelovanja) i tvari (supstance). Slijedi da kroz povremeno implementiranje interdisciplinarnih projekata možemo doprinositi razvijanju svijesti o jedinstvu prirode, kao i o značaju jezika matematike u opisivanju prirodnih pojava.

Najzad, ne treba zanemariti ni poveznice fizike sa filozofijom (npr. historijski značaj za formiranje slike svijeta u kojem živimo), Bosanski jezik i književnost, Hrvatski jezik i književnost, Srpski jezik i književnost (npr. različitost značenja termina u jeziku fizike i jeziku svakodnevnice), Likovnom i Muzičkom kulturom (npr. estetika i akustika), Tjelesnim i zdravstvenim odgojem (npr. biomehanika), te predmetima iz tehničkog i

društvenog odgojno-obrazovnog područja (npr. utjecaj naučno-tehnološkog napretka na društvene i ekonomske tokove).

## PK2 – Ciljevi učenja i podučavanja

Neovisno o nivou obrazovanja, u nastavi fizike treba stremiti ka ostvarivanju sljedećih ciljeva:

**1) Razvijanje učeničkog konceptualnog razumijevanja o fizičkim pojavama:** Uključuje usvajanje ključnih fizičkih pojmova, te njihovih međusobnih veza i odnosa izraženih kroz fizikalne zakone i principe. Osim toga, podrazumijeva i korištenje konceptualnog znanja u raznovrsnim kontekstima, a posebno u kontekstu svakodnevnice, kao kontekstu koji često zahtijeva integriranje znanja iz različitih oblasti prirodnih nauka.

**2) Razvijanje razumijevanja prirode fizike i vještine korištenja prirodno-naučnog metoda spoznavanja stvarnosti:** Podrazumijeva sticanje znanja o prirodi fizike i njenim metodama spoznavanja stvarnosti, te razvijanje pozitivnih crta ličnosti situirano u kontekst primjene tih metoda. Uključuje identificiranje problemskih situacija koje se mogu rješavati metodama fizike, te razvijanje vještina prikupljanja informacija, postavljanja i eksperimentalnog provjeravanja hipoteza, i evaluacije provedenog eksperimenta. Također, obuhvata i kompetentno korištenje matematičkog metoda radi rješavanja praktičnih problema.

**3) Ovladavanje komunikacijskim vještinama u kontekstu fizike:** Pored usvajanja fizikalnih pojmova i njihovog kombiniranja u složenije strukture (zakone, teorije), ovladavanje jezikom fizike također uključuje interpretiranje i korištenje različitih reprezentacija fizikalnog znanja (npr. formule, tabele, grafikoni, dijagrami, riječi). Podrazumijeva razvijanje vještina prevođenja jednih reprezentacija u druge, pisano i usmeno izvještavanje o provedenom eksperimentu/projektu, te razvijanje navike argumentovanog diskutovanja o temama koje se dotiču fizike.

**4) Razvijanje razumijevanja o poveznicama između fizike, društva i tehnologije:** Podrazumijeva shvatanje povratne sprege na relaciji fizika-društvo-tehnologija, uz poseban akcent na razumijevanje kako prednosti, tako i potencijalnih opasnosti naučno-tehnološkog razvoja po ljudsko društvo. Uključuje razumijevanje značaja fizikalnih otkrića unutar odgovarajućih historijskih i društvenih konteksta, te shvatanje potencijala fizike u rješavanju ključnih problema sa kojima se suočava čovječanstvo. Također, uključuje mogućnost kompetentne procjene određenih tehnoloških rješenja s obzirom na fizikalne, ekonomske, društvene i ekološke aspekte.

## PK3 – Oblasna struktura predmetnog kurikuluma

U okviru predmeta Fizika oblasti su strukturirane sukladno historijskom razvoju fizike. Na taj način struktura predmeta odražava ujedno i prirodu razvoja koncepata u fizici, što potencijalno olakšava njeno sistematično učenje. U strukturi predmeta Fizika izdvajaju se sljedeće oblasti:

- A. Priroda fizike i naučni metod
- B. Mehanika
- C. Molekularna fizika i termodinamika

#### D. Elektricitet i magnetizam

#### E. Optika i moderna fizika

Kod obrade svake od pomenutih oblasti, jako je bitno voditi računa o kontinuiranom učenju sljedećih ključnih koncepata i vještina: **materija, energija, kretanje, interakcija i prirodno-naučni metod**. Drugim riječima, potrebno je nastojati da unutar izučavanja svake pojedinačne oblasti fizike uključimo razmatranja pojava iz različitih perspektiva, tj. iz perspektive materije (građe tvari), energije, kretanja, interakcije i prirodnonaučnog metoda (primarno, eksperimentalni i matematički metod u fizici). Na taj način se doprinosi kontinuiranoj nadogradnji znanja o temeljnim fizikalnim konceptima.

Kada je u pitanju koncept **materije**, treba poći od znanja o tome koje tvari postoje i koja svojstva imaju, a zatim uvesti pojam atoma i različite modele građe atoma. Nakon toga slijedi učenje o građi molekula i njihovom uvezivanju u makrostrukture, ali i o jezgri atoma i fundamentalnim česticama. Kada god je to moguće, model građe tvari treba koristiti radi zornijeg objašnjavanja makroskopskih pojava, u različitim oblastima fizike (npr. objašnjavanje pritiska gasa na zidove posude).

Kod koncepta **energije** preporučuje se učenje započeti sa vrstama i izvorima energije, prije nego se pređe na izučavanje pretvaranja energije. Najzad je potrebno naglašavati da prilikom pretvaranja energije dolazi do njene degradacije, iako je u cjelini gledano energija očuvana. Kao i kod ostalih koncepata, bitno je voditi računa o kontinuiranoj nadogradnji znanja. O energiji možemo učiti u prvom razredu u kontekstu mehanike, ali i u svakom narednom razredu, u kontekstu ostalih oblasti fizike. Pažljivim formuliranjem ishoda se poučavanje o energiji u različitim razredima može kontinuirano nadograđivati. Slično vrijedi i za razvijanje znanja o ostalim ključnim konceptima i za razvijanje vještine za korištenje prirodnonaučnog metoda.

Kada je u pitanju ključni koncept **kretanja**, pored translatornog i obrtnog kretanja, posebnu pažnju zaslužuje talasno kretanje. Znanje o oscilacijama i talasima potrebno je kontinuirano nadograđivati kroz kontekste mehanike, termodinamike, elektromagnetizma, optike i moderne fizike.

Ukoliko na tijelo djeluje sila, tijelo se može deformirati (koncept materije), može mu se promijeniti energija (koncept energije) i stanje kretanja (koncept kretanja). Sila je mjera **interakcije** tijela. Sve sile u prirodi rezultat su četiri fundamentalne interakcije (gravitacione, elektromagnetne, slabe i jake). Kroz sve oblasti fizike potrebno je težiti identificiranju sila (interakcija) koje djeluju među česticama/tijelima, te crtanju odgovarajućih dijagrama sila.

Kada je u pitanju **prirodno-naučni metod**, kroz sve razrede je potrebno razvijati spoznajne kompetencije. To se prije svega odnosi na znanja, vještine i stavove vezane za: identificiranje problema, prikupljanje informacija o problemu, postavljanje hipoteze/modela, eksperimentalnu provjere hipoteze/modela, te obradu i primjereno predstavljanje rezultata istraživanja.

#### Priroda fizike i naučni metod

##### A

Specifičnost oblasti Priroda fizike i naučni metod ogleda se u činjenici da se utiče kroz ovu oblast učenici/ce uvode u svijet fizike, te da samim tim ova oblast značajno utječe na učeničko formiranje stavova u odnosu na predmet Fizika.

Unutar oblasti Priroda fizike i naučni metod predviđeno je učenje o prirodi fizike, te o njenim najznačajnijim metodama spoznavanja prirode, poput eksperimentalnog metoda, matematičkog metoda i metoda crne kutije.

Učenje fizike značajno ovisi o učeničkim stavovima o prirodi fizike. Tako recimo shvatanje fizike kao skupa međusobno nepovezanih, gotovih formula dovodi do toga da učenici/ce i ne pokušavaju povezivati znanje stečeno u različitim lekcijama što rezultira fragmentiranim znanjem. Zbog navedenog, bitno je tokom prvih formalnih susreta sa predmetom Fizika dobro upoznavanje sa prirodom fizike i njenim metodama za spoznavanje prirode. Pri tome je naročito bitno fiziku shvatiti kao djelatnost čovjeka koja se ogleda u kreiranju i korištenju naučnih modela o prirodnim pojavama. Prilikom kreiranja i korištenja naučnih modela, jako je bitno ostvariti kvalitetnu komunikaciju sa okruženjem, iz čega slijedi da je u nastavi Fizike bitno obratiti pažnju i na razvoj komunikacijskih vještina. Također je značajno shvatiti izrazitu razvojnost fizike, tj. kontinuirano usavršavanje naučnih modela o prirodnim pojavama čime zakoni fizike sve bolje odražavaju zakone prirode.

Prilikom kreiranja i korištenja naučnih modela, fizičari kombiniraju raznovrsne metode. Unutar ove oblasti, predviđeno je učeničko upoznavanje sa najbitnijim metodama koje će koristiti tokom svog obrazovanja iz fizike. Naročitu pažnju treba posvetiti ciklusu spoznavanja u fizici čijim izučavanjem se dodatno razvijaju i razumijevanja o samoj prirodi fizike.

## Mehanika

### B

Oblast mehanika zauzima posebno mjesto u strukturi fizike. Mnogi smatraju da izučavanje mehanike predstavlja izvrstan kontekst za ulazak u svijet sadržaja i metoda fizike, tj. za upoznavanje fizikalnog pristupa spoznavanju prirode. Naime, u oblasti mehanike se na zoran način uvode mnogi ključni pojmovi (npr. kretanje, interakcija, energija), metode i reprezentacije sadržaja fizike, te se u skladu s tim često predlaže da formalno učenje fizike otpočinjemo upravo u kontekstu sadržaja mehanike.

U okviru mehanike uči se opisivati kretanja tijela (kinematika), povezuju stanje kretanja i deformacije tijela sa odgovarajućim uzrocima i pojmom energije (dinamika i statika), te se uči o pojmu pritiska i njegovoj primjeni u kontekstima mirovanja i kretanja fluida (pritisak i mehanika fluida).

Planiranje učenja i poučavanja iz oblasti mehanike zaslužuje značajnu pažnju, jer se pokazuje da je dobro razumijevanje mehanike preduvjet za učenje drugih oblasti fizike. Pored toga, znanje mehanike ima značajnu primjenu u inženjerstvu (npr. statika građevina), medicini (npr. krvotok i mehanika fluida), sportu (npr. obrtanje tijela i džudo) i drugim oblastima ljudske djelatnosti.

Kod učenja i poučavanja mehanike nužno je imati na umu da mehanika predstavlja svojevrsnu kolijevku ustaljenih učeničkih miskonceptija, te u skladu s tim treba obratiti značajnu pažnju na identificiranje miskonceptija i proces konceptualne promjene. U tom smislu, preporučuje se korištenje ogleda sa lako pristupačnim materijalima i kombiniranje velikog broja reprezentacija sadržaja fizike, uključujući i za mehaniku specifične reprezentacije poput dijagrama kretanja (stroboskopskih snimaka) i dijagrama sila.

## Molekularna fizika i termodinamika

### C

Molekularna fizika proučava model, fizikalna svojstva i stanja tvari polazeći od molekularno-kinetičke teorije prema kojoj su tvari sastavljene od mikroskopskih čestica (molekula, atoma i jona) koje se nalaze u neprekidnom nasumičnom kretanju. Ona u korelaciji sa drugim prirodnim naukama, prije svega sa hemijom, omogućava cjeloviti uvid u moguće modele strukture tvari i predstavlja osnovu za dublje razumijevanje makroskopskih procesa. Važno mjesto unutar ove oblasti zauzima upravo učenje o modelu čestične građe tvari, pri čemu se očekuje procjenjivanje osnovne postavke o građi tvari i korištenje znanja o molekularnim silama radi analiziranja fizikalnih svojstava, stanja i pojava. Izučavanje čestičnog modela građe tvari može predstavljati odličan kontekst za razvijanje učeničkog razumijevanja o pojmu i značaju modela u prirodnim naukama.

Oslanjajući se na molekularnu-kinetičku teoriju, termodinamika se bavi makroskopskim sistemima proučavajući uvjete transformacije energije iz jednog u drugi oblik unutar sistema. Učenjem o toploti i termodinamičkim sistemima kombinuju se znanja o temperaturi, toploti i mehanizmima prijenosa toplote, radi analiziranja toplotnih pojava, te koriste temeljni zakoni termodinamike radi objašnjavanja procesa u prirodi i tehnici.

U sklopu termodinamike omogućeno je razumijevanje principa procesa proizvodnje i potrošnje energije kao svjetskog resursa, čime se potencijalno doprinosi promišljanju o ključnim problemima čovječanstva i mogućim rješenjima tih problema.

## Elektricitet i magnetizam

### D

U okviru ove oblasti stiču se znanja i vještine potrebne za razumijevanje elektromagnetnog međudjelovanja kao jednog od fundamentalnih međudjelovanja u prirodi. Izučavanje elektriciteta i magnetizma predstavlja osnovu za razumijevanje mnogih civilizacijskih tekovina i osnovu za njihovo unapređenje, jer su u globalnom kontekstu na konceptu elektromagnetnog polja i saznanja o elektromagnetnim zakonitostima najčešće utemeljene naučne i tehnološke inovacije.

Elektromagnente sile određuju fizička i hemijska svojstva tvari od atoma i molekula, do živih ćelija. U nastavi Fizike elektricitet i magnetizam pojedinačno se izučavaju, da bi se stekao jasniji uvid i razumijevanje ovih koncepata, nakon čega su objedinjeni u elektromagnetizam.

Imajući u vidu da su električni uređaji sve više dio svakodnevnice, značajan aspekt nastave elektromagnetizma treba da budu električna kola u domaćinstvu, te razmatranje zaštite od strujnog udara. Na ovaj način nastava Fizike doprinosi razvijanju tjelesno-zdravstvene kompetencije.



## Optika i moderna fizika

E

Poznavanje optike omogućava bolje razumijevanje pojava (npr. pojava duge) i objekata (npr. naočale) iz svakodnevnice. Također, optika ima brojne primjene u industriji i medicini (npr. mikroskopi).

U okviru optike se proučava priroda svjetlosti i svjetlosni efekti kroz fotometriju, geometrijsku i talasnu optiku. Nakon toga prilika je, upoznati se sa specijalnom i općom teorijom relativnosti. U okviru moderne fizike će se izučavati razvoj atomske fizike od klasične do kvantne mehanike, zatim kroz nuklearnu fiziku upoznati struktura atomske jezgre, procesi unutar jezgre, elementarne čestice, standardni model. Na kraju se izučava astrofizika nudeći objašnjenja o sastavu, strukturi, nastanku i evoluciji svemira.

Učenje o modernoj fizici je između ostalog bitno i zbog razvijanja moderne slike svijeta, tj. zbog formiranja naučno utemeljenih stavova o svijetu koji nas okružuje.

Kod učenja i poučavanja optike bitno je u različitim kontekstima objašnjavati kako vidimo objekte iz svoje okoline, uključujući i njihovu boju. Preporučuje se korištenje oglada sa lako pristupačnim materijalima. Kada je u pitanju talasna optika, potrebno je u što većoj mjeri kombinirati različite vizualizacije talasnog kretanja, poput talasnih fronti, sinusoida i fazorskih dijagrama. Kada je u pitanju moderna fizika, akcenat treba da je na konceptualnom nivou i razmatranju filozofskih implikacija fizikalnih teorija.

# PK4 – Odgojno-obrazovni ishodi

## Osnovno obrazovanje

### ► Osnovno ► 7.

#### Godine učenja i podučavanja predmeta: 1

A

#### Priroda fizike i naučni metod

A.7.1

Tumači prirodu fizike.

Identificira probleme koji mogu biti predmet fizikalnih istraživanja.

Opisuje potencijalni značaj fizike za pojedinca i društvo.

Koristi primjere iz historije fizike radi opisivanja razvoja fizike.

Razlikuje zakone fizike i zakone prirode.

FIZ-5.1.2

A.7.2

Opisuje različite etape ciklusa spoznaje u fizici.

Opisuje značaj kombiniranja induktivnog i deduktivnog zaključivanja za ciklus spoznaje u fizici.

Analizira ciklus spoznaje u fizici.

Koristi primjere iz historije fizike radi ilustriranja značaja eksperimentalnog i matematičkog metoda, kao i metoda crne kutije.

FIZ-5.1.2

Objašnjava značaj kombiniranja različitih metoda, te naučne otvorenosti i skepticizma, za razvoj fizike.

## KLJUČNI SADRŽAJI

Priroda i podjela fizike, priroda, materija, tvar, tijelo, fizički sistem, fizičko polje i pojave, metode fizike - teorija, eksperiment, primjena fizike - poveznice sa društvom i tehnologijom.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

Specifičnost tematske cjeline Upoznajemo svijet fizike ogleda se u tome da kroz nju započinjemo formalno učenje fizike. Zbog toga je bitno unutar ove cjeline početi razvijanje prikladnih stavova o prirodi fizike i prirodi učenja fizike. Prije svega treba ukazati na činjenicu da je današnja fizika plod predanog rada velikog broja generacija naučnika, te da se naučna slika svijeta kontinuirano unapređuje. Osim toga, potrebno je skrenuti pažnju da je fizikalno znanje umreženo, te da je prilikom učenja fizike jako bitno kreirati poveznice između pojmova. Znanje fizike čine sadržaji (produkti rada fizičara) i procesi (aktivnosti posredstvom kojih se došlo do produkata), te je u okviru nastave Fizike podjednako bitno uvažiti obje ove dimenzije znanja.

Naročitu pažnju treba posvetiti procesima fizikalnog spoznavanja prirode. Korištenjem zornih primjera potrebno je ilustrirati nadmoć naučnog metoda u odnosu na obrasce ponašanja koje smo naučili koristiti u svakodnevnicima. Ipak, treba istovremeno ukazati da intuitivno znanje o fizikalnim pojavama koje se razvija kroz svakodnevni život predstavlja dobru osnovu za dalje učenje fizike. Kod učenja o metodama fizike potrebno je istaknuti da ne postoji algoritam za spoznavanje prirode, ali je moguće raspoznati okvirnu strategiju u kojoj se isprepliću logika i mašta naučnika (prikupljanje informacija, postavljanje model-hipoteze, izvođenje posljedica iz modela, eksperiment). Pokazuje se da je učenje o prirodi i metodama fizike naročito efektivno ukoliko je potkrijepljeno zornim primjerima iz historije fizike i istraživačkim radom.

Kompetencije razvijene unutar ove tematske cjeline potrebno je primjenjivati i nadograđivati tokom cjelokupnog obrazovanja iz fizike.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Potrebno je ukazati kako različite nauke, svaka iz svoje perspektive, može doprinijeti razvoju čovječanstva i unapređivanju kvaliteta življenja svakog pojedinca. Također je korisno prodiskutovati sličnosti i razlike u istraživačkim pristupima između prirodnih i humanističkih nauka, ali i odnos između pojedinih prirodnih nauka (npr. po pitanju predmeta i metoda istraživanja). Moguće je ostvariti i poveznicu sa Historijom, u smislu razvoja slike svijeta kroz različite epohe.

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Treba razvijati svijest o tome da se pojave koje nas okružuju mogu percipirati iz velikog broja različitih perspektiva, npr. iz fizikalne, vjerske i umjetničke perspektive. Kroz jasne primjere iz svakodnevnice i historije moguće je demonstrirati kako nam fizika omogućava da se oslobodimo slijepog vjerovanja u izjave "autoriteta". Osim toga, možemo na upečatljiv način ukazati da je proces promišljanja u fizici u prvom planu; fizikalne teorije su podložne promjenama, a procesi spoznavanja se mnogo manje mijenjaju. Najzad, od izuzetnog je značaja početi uviđati kompleksne veze na relaciji fizika-društvo-tehnologija. Na naučnom napretku zasnovani razvoj tehnologije može da ima kako pozitivne, tako i negativne posljedice po društvo.

<p>A.7.1 Objašnjava značaj mjerenja fizikalnih veličina.</p>	<p>Povezuje objektivnost fizike sa procesom mjerenja fizikalnih veličina. Tumači prirodu fizikalnog mjerenja, kao poređenja sa utvrđenim etalonom. Navodi primjere koji ilustruju svrsishodnost mjerenja fizikalnih veličina u svakodnevnom životu.</p>
<p>FIZ-5.1.2</p>	
<p>A.7.2 Mjeri i određuje temeljne fizikalne veličine.</p>	<p>Koristi analogne i digitalne instrumente za vršenje mjerenja fizikalnih veličina. Koristi matematički metod kako bi na osnovu prikupljenih mjerenja odredio vrijednost fizikalne veličine. Opisuje ustaljene poteškoće pri mjerenju fizikalnih veličina.</p>
<p>FIZ-5.2.1</p>	
<p>A.7.3 Predstavlja i tumači rezultate mjerenja.</p>	<p>Izražava rezultate mjerenja SI jedinicama. Preračunava SI mjerne jedinice iste fizičke veličine iz većih u manje i obratno. Kreira pregledne tabelarne prikaze kojim predstavlja rezultate mjerenja. Računa srednju vrijednost mjerene fizikalne veličine. Razlikuje preciznost i tačnost mjerenja. Koristi ispravno jezik fizike u kontekstu predstavljanja rezultata mjerenja (npr. razlikuje trenutak od intervala, gustoću tvari od gustoće tijela i sl).</p>
<p>FIZ-5.2.1</p>	

## KLJUČNI SADRŽAJI

Fizička veličina, Međunarodni sistem mjernih jedinica (SI), mjerenje, srednja vrijednost mjerene veličine, dužina, površina, zapremina, masa, gustina tvari, gustina tijela, vrijeme, temperatura.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline– metodičke smjernice

Potrebno je shvatiti da mogućnost preciznih predviđanja toka fizikalnih pojava proističe iz kvantitativne prirode fizike koje ne bi ni bilo bez procesa mjerenja fizikalnih veličina. U okviru strukture učenja ove tematske cjeline izdvajaju se tri naročito bitna aspekta: objašnjavanje prirode fizikalnog mjerenja, vršenje mjerenja, te predstavljanje i tumačenje rezultata mjerenja. Radi sticanja kompetencije za objašnjavanje prirode fizikalnog mjerenja korisno je obezbjeđivati iskustvo poređenja sa etalonom; npr. razumijevanje mjerenja površine i zapremine možemo olakšati rješavanjem zadatka kod kojeg učenici broje koliko datih kvadratića i kockica, pokriva datu površinu ili zapreminu, respektivno. Kada je u pitanju provođenje mjerenja, nakon što nastavnik modelira postupak kroz realni ili virtuelni eksperiment te ukaže na ustaljene pogreške, po mogućnosti se treba organizovati grupni rad u okviru kojeg učenici samostalno vrše mjerenja. Slično vrijedi i za predstavljanje tumačenje rezultata mjerenja - nakon što nastavnik modelira korištenje raznovrsnih načina predstavljanja podataka, potrebno je omogućiti učenicima da i sami implementiraju te procedure. Posebnu pažnju treba obratiti na aktivnosti pretvaranja iz većih u manje mjerne jedinice, te na modeliranje korektnog jezičkog izražavanja i razmatranja fizikalne smislenosti dobijenih rezultata. Kroz očigledne primjere, potrebno je ukazati na razlike između preciznih i tačnih mjerenja. Općenito je bitno razvijati naviku konzistentnog korištenja svih usvojenih procedura u praksi.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Potrebno je ukazati na činjenicu da je proces mjerenja bitan za sve nauke koje pretendiraju da omogućavaju kvantitativna predviđanja o svijetu koji nas okružuje, a naročito je bitan za prirodne nauke. Razvijanje

vještine mjerenja temeljnih fizikalnih veličina ima značajne primjene u nastavi Biologije, Hemije i Tehničke kulture. Osim toga, učenje o efektivnim načinima predavljanja mjerenja nudi mogućnost kreiranja poveznica sa Matematikom i Informatikom. Interpretiranje mjerenja gustine različitih tijela, dobar je kontekst za razvijanje vještine proporcionalnog rezonovanja, tj. tumačenja količnika, što predavlja značajnu vezu sa predmetom Matematika.

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Ova tematska cjelina naročito je pogodna za razvijanje objektivnosti i preciznosti. Tako je npr. kroz jednostavan eksperiment moguće pokazati ograničenost naših čula kada je u pitanju procjena temperature i nadmoć korištenja termometra u tom kontekstu. Osim toga, moguće poticanje na preciznost kod vršenja mjerenja i predavljanja rezultata mjerenja. U tom smislu je preporučivo opisivati zorne primjere koji govore u prilog činjenici da i male greške u mjerenjima mogu imati značajne negativne konsekvence. Najzad je potrebno ukazati na značaj mjerenja u svakodnevnicima (npr. praćenje razvoja fetusa i novorođenčeta, planiranje građevinskih radova i sl).

B	
Mehanika	
B.7.1 Izvodi zaključke o efektima međudjelovanja tijela.	<p>Razlikuje značenje pojma sile u jeziku fizike i jeziku svakodnevnice.</p> <p>Povezuje djelovanje silom sa promjenom brzine tijela i deformacijom tijela.</p> <p>Uspoređuje pojam sile sa pojmom momenta sile.</p> <p>Primjenjuje pojam sile radi objašnjavanja jednostavnih situacija iz svakodnevnice i tehnike (npr. deformacija tijela, promjena brzine tijela, i sl).</p>
B.7.2 Identifikuje i određuje sile u raznovrsnim kontekstima.	<p>Identifikuje različite tipove sila i djelovanje momenata sila u kontekstima jednostavnih primjera iz svakodnevnice i tehnike.</p> <p>Prikazuje ovisnost izduženja elastične opruge od primijenjene sile, koristeći tabele i grafikone, tj. kreira model dinamometra.</p> <p>Koristi grafički metod radi slaganja većeg broja sila različitog pravca.</p> <p>Razlaže date sile u različitim kontekstima.</p>

## KLJUČNI SADRŽAJI

Međudjelovanje tijela, sila, dinamometar, slaganje i razlaganje sila, ravnoteža sila

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

U okviru ove tematske cjeline potrebno je imati na umu značajne predkonceptije o pojmu sile. Neke od tih predkonceptija su fizikalno prihvatljive (npr. sila može pokrenuti tijelo), dok su druge neprihvatljive i zovemo ih miskoncepcijama (npr. da neživi objekt poput stola ne djeluje silom na knjigu koja se nalazi na stolu). Bitno je istaknuti da sila nije svojstvo tijela te je u skladu s tim pogrešno reći da "tijelo ima silu". Pošto je sila mjera interakcije između tijela, a ne svojstvo tijela, silu jedino možemo vizuelizirati vektorom sile. Predlaže se da se razumijevanje o silama razvija kroz sljedeću sekvencu: identificiranje sila (kontaktnih i nekontaktnih) i njihovo predavljanje vektorom, mjerenje sila, slaganje i razlaganje sila, te razlikovanje uravnoteženih i neuravnoteženih djelovanja sila. Izrazito je poželjno već u sedmom razredu početi koristiti dijagrame sila za opisivanje jednostavnih fizikalnih situacija (npr. mirovanje knjige na stolu).

Kada je u pitanju moment sile, potrebno je ovu veličinu uvesti kroz slikovite primjere iz svakodnevnice (npr. djelovanje na vrata), te produbiti razumijevanje ove veličine kroz njeno određivanje u raznovrsnim kontekstima (npr. poluga).

## 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Bitna poveznica sa nastavom Matematike ogleda se u aktivnostima slaganja i razlaganja vektora. Osim toga, moguće je kreiranje poveznice sa kreiranjem grafikona u Matematici i Informatici, kroz aktivnost baždarenja opruge za mjerenje malih masa.

## 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

U kontekstu slaganja i razlaganja vektora, potrebno je ukazivati na značaj umrežavanja znanja iz različitih predmeta. Također je bitno razvijati svijest o tome da jedan te isti termin (npr. sila) za različite grupe ljudi može imati različito značenje, te da je radi efektivne komunikacije bitno nastojati zauzimati/shvatati različite perspektive. Moguće je ukazati i na to kako znanje o momentima sila može da pomogne u sigurnijem dizanju tegova.

### A

#### Priroda fizike i naučni metod

##### A.7.1

Koristi eksperimentalni metod u kontekstu fizike.

Objašnjava svrhu izvođenja eksperimenta, specificira potreban pribor i eksperimentalne procedure.

Identifikuje varijable koje tokom izvođenja eksperimenta treba održavati stalnim.

Pravilno rukuje mjernim instrumentima i priborom, provodi eksperimentalne procedure i obrađuje

Prikazuje mjerne podatke pomoću tabela i grafikona, kvalitativno i kvantitativno ih interpretira, te

Diskutuje o potencijalnim sigurnosnim rizicima (zdravlje učenika, oprema) koji se vežu uz provođenje eksperimenta, te identifikuje odgovarajuće mjere predostrožnosti/zaštite.

##### FIZ-5.2.1

##### A.7.2

Koristi matematički metod u kontekstu fizike.

Tumači direktnu i obrnutu proporcionalnost u kontekstu sadržaja fizike.

Kreira i interpretira tabelarne i grafičke prikaze zavisnosti fizikalnih veličina.

Tumači, kombinuje i transformiše jednostavne matematičke izraze u kontekstu fizike.

Skicira i opisuje problemsku situaciju, identifikujući pri tome relevantna tijela, veličine i međuovisnosti veličina.

Modelira fizikalni problem jezikom matematike, pretvara mjerne jedinice i računa traženu veličinu.

Evaluiraju smislenost rezultata dobijenog rješavanjem problema.

##### FIZ-5.2.1 FIZ-5.2.2

##### A.7.3

Razlikuje značenje određenih pojmova (npr. masa, sila, ...) u jeziku fizike i jeziku svakodnevnice.

Primjenjuje komunikacijske vještine u kontekstu fizike.

Prikuplja podatke relevantne za fiziku služeći se raznovrsnim izvorima znanja uključujući i informacione tehnologije.

Izražava rezultate mjerenja pomoću SI jedinica, te tumači i koristi odgovarajuće prefikse.

Objašnjava fizikalne pojave i procese, te opisuje rezultate oglada (ili promatranja) koristeći se fizikalnim pojmovima i modelima.

Diskutuje o temama relevantnim za fiziku (uključujući i rezultate eksperimenata) koristeći se različitim reprezentacijama (riječima, crtežima, grafikoni, tabele, matematički izrazi, makete, simulacije, video-snimci, multimedijalne prezentacije) i tehnologijama, te pri tome uvažava sagovornike.

FIZ-5.1.1 FIZ-5.2.3 FIZ-5.3.2

## KLJUČNI SADRŽAJI

Svi sadržaji predviđeni za izučavanje u sedmom razredu.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Eksperimentalni metod

Preporučene laboratorijske vježbe (u zavisnosti od opremljenosti kabineta): Mjerenje dužine mjerilom sa nonijusom i mikrometrom (npr. mjerenje debljine lista papira), Određivanje površine pravilnih i nepravilnih ploha (npr. dlana), Određivanje zapremine tijela pravilnog oblika te zapremine tijela nepravilnog oblika pomoću menzure, Određivanje zapremine tečnosti, npr. "Koliko vode trošimo", (izmjeriti koliko vode istekne za jednu minutu u neku posudu, a onda preračunati koliko vode bi to bilo za jedan sat, dan, godinu).

Kao istraživački zadatak se može dati određivanje načina mjerenja plućnog kapaciteta (poveznica sa Biologijom), mjerenje malih masa tijela, određivanje gustine čvrstog tijela, određivanje gustine tečnosti (poveznica sa Hemijom), mjerenje vremenskog intervala, proučavanje istezanja elastične opruge – tabelarni i grafički prikaz.

Ovu listu je potrebno shvatiti samo kao preporuku u nastavi fizike za sedmi razred.

Prilikom izvođenja oglada posvetiti posebnu pažnju sigurnosti eksperimentiranja. Podsticati izvođenje oglada sa lako pristupačnim materijalima.

### 2. Matematički metod

Potrebno je inzistirati na metodičkom pristupu izradi fizikalnih zadataka: vizualizacija, fizikalna rasprava, kreiranje i implementacija matematičkog plana, kritički osvrt na rješenje zadatka.

Kod zadataka vezanih za teoriju grešaka treba podsticati da korištenje tabelarnih i grafičkih prikaza. Potrebno je konzistentno naglašavanje pravilnog predstavljanja i označavanja vektorskih veličina.

### 3. Ovladavanje komunikacijskim vještinama u kontekstu fizike

Potrebno je u nastavi kod uvođenja novih pojmova zahtijevati opis tih pojmova jezikom svakodnevnice, kako bi se uočile eventualne jezičke miskoncepcije i omogućio proces konceptualne promjene.

Treba insistirati na kombiniranju velikog broja različitih prikaza informacija i na aktivnostima prevođenja jednih prikaza u druge. Također, potrebno je priuštiti brojne prilike za komuniciranje o fizikalnim pojavama i procesima – bilo da se radi o diskutovanju o ishodima eksperimenta, prezentiranju seminarskog rada ili pisanju pripreme za eksperimentalni rad.

Prilikom komuniciranja ideja o mehaničkim pojavama (silama) treba poticati skiciranje dijagrama sila.

## B

### Mehanika

#### B.8.1

Uspoređuje temeljne kinematičke pojmove i tumači njihovo značenje.

Međusobno razlikuje temeljne kinematičke pojmove u kontekstu primjera iz svakodnevnice.

Interpretira značenje mjernih jedinica kinematičkih veličina.

Interpretira matematičke relacije kojima su prikazane definicije kinematičkih veličina.

#### FIZ-1.2.1

#### B.8.2

Istražuje odabrana mehanička kretanja.

Koristi tabele, grafikone, stroboskopske snimke (dijagrame kretanja) i formule radi opisivanja mehaničkih kretanja.

Identificira vrste mehaničkog kretanja na osnovu dijagrama kretanja, grafikona ili tabelarnih podataka.

Kombinuje pojmove položaja, pređenog puta, brzine i ubrzanja prilikom kvantitativnog razmatranja pravolinijskog kretanja.

Eksperimentalno istražuje zakone kretanja u kontekstu najjednostavnijih kretanja.

#### FIZ-5.1.2

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama zakona kinematike u kontekstu svakodnevnice (npr. u saobraćaju).

### KLJUČNI SADRŽAJI

Kretanje, referentni sistem, položaj, pomak, putanja i pređeni put, kinematički opis kretanja, brzina, ravnomjerno pravolinijsko kretanje, ubrzanje, ravnomjerno promjenljivo pravolinijsko kretanje.

### PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

#### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

Na početku učenja kinematike, javlja se dosta poteškoća pri razlikovanju temeljnih kinematičkih veličina, poput pređenog puta i pomaka, brzine i ubrzanja, te vremenskog trenutka i vremenskog intervala. Radi što kvalitetnijeg usvajanja ovih pojmova, preporučuju se aktivnosti pažljivog promatranja kretanja tijela, mjerenja položaja tijela u nekoliko vremenskih trenutaka, te računanje promjena položaja i drugih kinematičkih veličina tokom vremena. Ove aktivnosti se efektivno mogu provoditi u kontekstu tradicionalnih eksperimenata, korištenjem senzora kretanja, provođenjem digitalne video analize ili korištenjem interaktivnih simulacija mehaničkih kretanja. Za kvalitet nastave kinematike je također od ključnog značaja podsticanje interpretiranja i kombiniranja različitih reprezentacije kretanja, poput dijagrama kretanja (stroboskopski snimak), tabelarnih, analitičkih (formule), verbalnih i grafičkih predstavljanja. Kod grafičkih predstavljanja potrebno je razvijati bazično razumijevanje o fizikalnom značenju nagiba krive i površine ispod krive. U dijelu koji govori o grafičkim predstavljanjima kretanja, te razumijevanja fizikalnog značenja nagiba krive i površine ispod krive potrebno je naglasiti i spriječiti pojavu stvaranja uobičajene miskonceptije – pređeni put tijela jednak je površini koju kriva zaklapa sa  $x$  osom koordinatnog sistema. Kada je u pitanju razvijanje vještine korištenja matematičkog metoda, ona se ne smije razvijati

odvojeno od konceptualnog razumijevanja fizike nego se i u kontekstu rješavanja zadataka treba nadovezivati na konceptualno razumijevanje.

## 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

U okviru oblasti kinematike intenzivno prikupljati, prikazivati i analizirati podatke o kretanju tijela. Pri tome se, između ostalog, koristiti tabelama, analitičkim reprezentacijama (formulama) i grafikonima. Zbog toga je korisno uspostaviti intenzivnu korelaciju između poučavanja kinematike i dijela nastave Matematike u kojoj učenici uče o matematičkim funkcijama i njihovom predstavljanju pomoću grafikona. Također je značajna i korelacija sa dijelom nastave Informatike u okviru kojeg se uči koristiti računar radi što efikasnijeg predstavljanja i analize podataka.

## 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Oblast kinematike nudi specifičnu mogućnost odgojnog djelovanja kroz primjenu zakona kinematike u kontekstu sigurnosti u saobraćaju. Pri tome se odgojno djelovanje može ostvariti kroz diskusije o autentičnim situacijama iz saobraćaja.

Osim doprinosa razvoju tjelesno-zdravstvene kompetencije, moguće je efikasno djelovati i na razvoj kompetencije korištenja informacijsko-komunikacijskih tehnologija (npr. digitalna video-analiza kretanja, crtanje grafikona u MS Excelu, senzori kretanja i sl), razvoj matematičke kompetencije (npr. korištenje znanja o grafikonima u realnim kontekstima), te komunikacijsku kompetenciju (npr. prikazivanje i opisivanje kretanja tijela pomoću različitih reprezentacija, uključujući intenzivnu verbalizaciju).

### B.8.1

Istražuje kretanje tijela uzimajući u obzir međudjelovanje tijela.

Tumači svojstvo inertnosti tijela služeći se primjerima iz svakodnevnice.

Eksperimentalno istražuje i tumači vezu između sile, mase i ubrzanja tijela.

Predviđa koju vrstu kretanja će izvoditi tijelo, na osnovu informacije o sili koja djeluje na tijelo i informacije o početnoj brzini tijela.

Crta i tumači dijagrame sila.

Koristi Newtonove zakone za rješavanje problema u raznovrsnim kontekstima.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama zakona dinamike u kontekstu saobraćaja (npr. korisnost airbaga).

### FIZ-1.3.1

### B.8.2

Izvodi zaključke o prirodi i efektima gravitacionog međudjelovanja tijela.

Razlikuje pojmove mase, težine i sile Zemljine teže.

Kvalitativno tumači gravitaciono međudjelovanje.

Objašnjava karakteristike polja Zemljine teže i jednostavne primjere kretanja tijela u polju Zemljine teže (npr. slobodni pad).

Demonstrira i objašnjava pojave u gravitacionom polju.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama znanja o gravitacionom polju Zemlje u tehnici i svakodnevnici (npr. plima i oseka, sateliti).

### FIZ-1.3.3

### B.8.3

Opisuje, mjeri i određuje silu trenja.

Opisuje različite vrste trenja.

Objašnjava prirodu trenja.

Određuje eksperimentalno i matematički sile statičkog i trenja klizanja.



## KLJUČNI SADRŽAJI

Newtonovi zakoni dinamike, gravitaciona sila, sila Zemljine teže, težina tijela, slobodan pad, bestežinsko stanje, trenje, sila trenja.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

**1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice**

Jedna od najčešćih miskoncepcija u oblasti mehanike ogleda se u vjerovanju da na tijelo koje se kreće, nužno djeluje neka rezultujuća sila koja je različita od nule. Konkretno, mnogi vjeruju da djelovanje stalnom silom na određeno tijelo ima za posljedicu da se to tijelo kreće stalnom brzinom. Također, često se miješa sila sa efektima djelovanja sile (ubrzanjima, deformacijama). Za prevazilaženje ovih miskoncepcija nužno je opažanje djelovanje različitih sila na jedno te isto tijelo, kao i djelovanje iste sile na tijela značajno različitih masa. Pri tome je bitno povezivati silu s promjenom brzine tijela, te da shvatiti da promjena brzine tijela (efekt djelovanja sile) ovisi i o masi tijela kao mjeri inercije. Najzad, jako je bitno imati na umu često pogrešno vjerovanje da je sila reakcije podloge uvijek jednaka težini tijela.

Razumijevanje ove oblasti potrebno je provjeravati kroz veliki broj konceptualnih pitanja. Kod izrade zadataka treba insistirati na konzistentnom korištenju i interpretiranju dijagrama sile. Najčešće miskoncepcije u oblasti gravitacije odnose se na nerazlikovanje mase i težine, vjerovanje da teža tijela padaju uvijek brže od lakših, te na vjerovanje da u vakuumu nema gravitacije i da je ona ograničena samo na međudjelovanje tijela sa planetom Zemljom. Preporučivo je težinu tijela definirati kao silu kojom tijelo pritišće podlogu ili djeluje na tačku vješanja, a masu definisati kao fundamentalno svojstvo tijela koje isključivo ovisi o broju i vrsti atoma od kojih se tijelo sastoji. Pri tome nije nužno detaljnije ulaziti u svojstva modela građe tvari. Bitne ideje o gravitacionim pojavama se mogu razviti kroz pažljivo odabrane misaone eksperimente (npr. tijelo koje pada zajedno sa podlogom, dizanje i pokretanje tijela na Zemlji i Mjesecu, kretanje planeta u Sunčevom sistemu, međusobno privlačenje tijela malih masa). Preporučuje se istraživanje zakonitosti slobodnog pada kroz korištenje digitalne video analize.

Kada je u pitanju sila trenja, česta je miskoncepcija da ona raste sa veličinom dodirne površine. Međutim treba dati do znanja da u isto vrijeme imamo smanjenje sile pritiska između tijela i podloge, te zbog toga sila trenja ne raste. Također, eksperimentalno treba pokazati da iznos statičke sile trenja ovisi osili kojom djelujemo na tijelo.

**2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije**

Kod izučavanja sile i kretanja očekuje se kreiranje dijagrama sile, a s tim u vezi i određivanje rezultujućeg vektora sile, te povezivanja dijagrama sile i dijagrama kretanja tijela. U svim tim kontekstima izražene su korelacije sa predmetom Matematika (manipulacije s vektorima). Kada je u pitanju gravitaciono međudjelovanje, moguće je kreiranje poveznica sa predmetom Geografija (npr. smjena godišnjih doba, plima i oseka, kretanje nebeskih tijela). Moguće je također uspostaviti poveznice između izučavanja sile trenja u fizici i odgovarajućih primjena unutar predmeta Tehnička kultura.

**3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup**

Detaljnije spoznavanje pojma sile obezbjeđuje uvjete za dublje primjene u oblasti sigurnosti u saobraćaju, te se unutar ove tematske cjeline može implementirati i odgovarajući projekt. Osim toga, istraživanje padanja tijela u ovisnosti o masi, može poslužiti kao produktivan kontekst za demonstriranje ciklusa naučnog spoznavanja stvarnosti. Kada je u pitanju izučavanje sile trenja, ova podtema zgodna je za diskusiju o brojnim primjerima primjene u svakodnevnici i tehnicima.

### B.8.1

Tumači pojam pritiska i objašnjava efekte djelovanja ili promjene pritiska.

Razlikuje značenje pojma pritiska u jeziku fizike i jeziku svakodnevnice.

Interpretira matematičku reprezentaciju definicije pritiska i objašnjava efekte djelovanja ili promjene pritiska.

Objašnjava efekte djelovanja pritiska ili promjene pritiska u raznovrsnim kontekstima (npr. oštrice sječiva, pritisak u gumama i sl).

### FIZ-1.4.1

### B.8.2

Istražuje osnovne zakonitosti statike fluida.

Objašnjava uzrok nastanka hidrostatičkog i atmosferskog pritiska.

Uspoređuje prenošenje pritiska kroz čvrsta tijela, gasove i tečnosti.

Eksperimentalno istražuje i tumači silu potiska i uvjete plivanja tijela.

Određuje atmosferski pritisak služeći se različitim vrstama barometara.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama zakonitosti statike fluida u praksi (npr. hidraulična presa, brodovi, krvni pritisak i sl).

### FIZ-1.4.2

## KLJUČNI SADRŽAJI

Prenošenje pritiska kroz čvrsta tijela i fluide, Pascalov zakon, hidrostatički i atmosferski pritisak, mjerenje pritiska, potisak, Archimedesov zakon.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

Mnogi teško prihvataju činjenicu da pritisak u tečnostima djeluje na sve strane podjednako, te ponekad miješaju pritisak i silu potiska, smatrajući da sila potiska na tijelo kontinuirano raste dok tijelo tone ka dnu posude. Radi prevazilaženja ovih miskoncepcija potrebno je što intenzivnije povezivati nastavu sa svakodnevnim iskustvom, te provoditi eksperimente sa lako pristupačnim materijalima. Tako je npr. jasno da pritisak koji "osjetimo u ušima" prilikom ronjenja ne ovisi o položaju uha. Iskustvo ronjenja može biti dobra polazna osnova i za razvijanje ideje da hidrostatički pritisak ne ovisi o obliku posude (npr. podvodne špilje). Prilikom izučavanja aerostatičkog pritiska zgodno je ukazati na sličnosti i razlike u odnosu na izučavanje pojava u tečnostima (npr. ovisnost o dubini kao sličnost; variranje gustine kao razlika). Također je korisno objasniti zašto se kod barometara najčešće koristi živa, a ne voda.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Korisna poveznica sa nastavom Biologije i Tjelesnog odgoja može biti krvni pritisak i plivanje ribe. Općenito su iz perspektive Biologije i Tjelesnog odgoja zanimljivi efekti pritiska i promjene pritiska na ljudski organizam (npr. korisnost visinskih priprema i "pritisak u ušima" koji se javlja uslijed promjene nadmorske visine).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Data tematska oblast nudi mogućnosti odgojnog djelovanja kada je u pitanju sigurnost ronjenja. Osim toga, postoje dobri uvjeti za razvijanje kreativno-produktivne kompetencije, npr. kroz razvoj modela podmornice ili kroz rješavanje eksperimentalnih zadataka (npr. predviđanje maksimalne težine tereta koju može ponijeti model čamca).

<p><b>B.8.1</b> Analizira međupovezanost energije, rada i snage.</p>	<p>Razlikuje značenje pojmova energija, rad i snaga u jeziku fizike i jeziku svakodnevnice.</p> <p>Identifikuje različite izvore energije i dijeli ih na obnovljive i neobnovljive.</p> <p>Prikuplja i kritički razmatra informacije o primarnim oblicima energije (Sunčeva energija, energija fosilnih goriva, nuklearna energija, energija vode, energija vjetra i geotermalna energija).</p> <p>Razlikuje pojmove potencijalne i kinetičke energije tijela.</p> <p>Povezuje (kvalitativno i kvantitativno) koncept energije sa konceptima sile, rada i snage.</p>
<p>FIZ-1.3.4 <b>B.8.2</b> Opisuje pretvaranje energije i kritički procjenjuje problem ograničenih energetske resursa.</p>	<p>Opisuje pretvaranje energije u raznovrsnim kontekstima.</p> <p>Tumači pojam energetske vrijednosti hrane u kontekstu rasprave o razvijanju zdravih prehrabnenih navika.</p> <p>Kritički procjenjuje različite mogućnosti uštede energije u kontekstu sopstvene svakodnevnice.</p>
<p>FIZ-1.3.4 FIZ-1.3.5 <b>B.8.3</b> Eksperimentalno provjerava i primjenjuje zakon očuvanja energije.</p>	<p>Razlikuje zakon očuvanja energije i zakon očuvanjamehaničke energije.</p> <p>Eksperimentalno provjerava zakon očuvanja mehaničke energije.</p> <p>Koristi zakon očuvanja mehaničke energije radi rješavanja jednostavnih kvalitativnih i kvantitativnih problema.</p> <p>Objašnjava da se energija ne može uništiti, ali se može degradirati (tj. učiniti manje korisnom za vršenje rada).</p>
<p>FIZ-1.3.5</p>	

## KLJUČNI SADRŽAJI

B.8.1: Energija. Rad. Snaga. Mehanička energija. Kinetička energija. Potencijalna energija. Izvori energije.

B.8.2: Različiti oblici energije u prirodi, značaj energije, mehanička energija, promjena energije, zakon održanja ukupne energije, rad i snaga.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

Pokazuju se značajne poteškoće sa razlikovanjem pojma rada u mehanici i svakodnevnici, kao i sa razumijevanjem zakona očuvanja mehaničke energije. Općenito, postoji dosta poteškoća u razvijanju razumijevanja o odnosima energije, rada i snage. Kada je u pitanju pojam energije bitno je istaknuti da ona može biti pohranjena na različite načine (npr. u sabijenoj opruzi, u bateriji, u zagrijanom tijelu, u objektu koji se kreće, u objektu postavljenom na veliku visinu), te transportirana/transferirana na različite načine (npr. radom, toplotom). Potrebno je na velikom broj raznovrsnih primjera razmotriti procese transformacije energije iz jednog oblika u drugi. I pored toga što je očuvana, energija se plaća, jer se u transformacijama energije ona degradira, tj. postaje manje korisna za vršenje rada. Radi osposobljavanja za primjenu zakona očuvanja mehaničke energije na jednostavnim primjerima, izrazito korisno je uvesti pojam fizikalnog sistema i okoline, te istaknuti da je radi primjenjivosti zakona očuvanja mehaničke energije bitno da rad vanjskih sila bude jednak nuli, te da unutar mehaničkog sistema nema zagrijavanja. Na pažljivo odabranim primjerima, treba pokazati da se isti fizikalni problem može riješiti kako iz perspektive pojma sile, tako i iz

perspektive pojmova rada i energije. Kada je u pitanju pojam snage, predlaže se uvođenje ovog pojma kroz eksperiment, te interpretiranje vrijednosti snage uređaja iz svakodnevnice (npr. grijalica, automobil, televizor i sl).

## 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je ostvarivanje povezanosti sa Biologijom (npr. fotosinteza i pretvaranje svjetlosne u hemijsku energiju), Hemijom (npr. energija iz fosilnih goriva), i Tjelesnim odgojem (npr. energetska vrijednost hrane i zdrave prehrabene navike).

## 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Data tema nudi mnogo mogućnosti za odgojno djelovanje, naročito iz perspektive odgoja usmjerenog ka štednji energije (unapređivanje efikasnosti korištenja energije, npr. kroz korištenje LED sijalica), razvijanju zdravih prehrabnenih navika i razvijanju stavova o potrebi iznalaženja alternativnih izvora energije radi očuvanja okoline. Također, treba razvijati svijest o posebnom mjestu koje ima Sunce kao izvor energije.

B.8.1

Identificira proste mehanizme i objašnjava njihov praktični značaj.

Opisuje od čega se sastoji određeni prosti mehanizam.

Objašnjava na koji način određeni prosti mehanizam čovjeku može olakšati rad i poredi ga sa drugim prostim mehanizmima.

Identifikuje proste mehanizme u objektima/spravama/postupcima iz svakodnevnice, sporta i tehnike (npr. kliješta, klackalica, poluga u džudu i sl).

Prikuplja i kritički razmatra informacije o primjenama prostih mehanizama u kontekstu primjera iz svakodnevnice i historije (npr. pretpostavke o gradnji piramida i sl).

FIZ-1.3.6

B.8.2

Istražuje uvjete ravnoteže na prostim mehanizmima.

Primjenjuje pojam momenta sile radi objašnjavanja jednostavnih situacija iz svakodnevnice i tehnike (princip rada otvarača za flaše isl.)

Koristi eksperimentalni i/ili matematički metod za izvođenje uslova ravnoteže za različite proste mehanizme.

Tumači primjenu prostih mehanizama iz perspektive zakona očuvanja mehaničke energije.

Primjenjuje znanje o uvjetima ravnoteže na prostim mehanizmima za rješavanje kvalitativnih i jednostavnih kvantitativnih problema.

FIZ-1.3.6

### KLJUČNI SADRŽAJI

Zakon ravnoteže na poluzi i strmojravni, primjena prostih mehanizama.

### PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

#### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

Često se ne uočavaju veze i odnosi između različitih prostih mehanizama. Zbog toga je izrazito preporučivo svaku nastavnu jedinicu iz ove tematske cjeline strukturirati na sličan način: opisati od čega se sastoji mehanizam, istaknuti na koji način dati mehanizam čovjeku olakšava rad, identifikovati primjere primjene tog mehanizma u svakodnevnici i istražiti kvantitativne zakonitosti vezane za primjenu datog mehanizma. Jako je bitno ukazati na činjenicu da prosti mehanizmi zadovoljavaju zakon očuvanja mehaničke energije.

#### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je ostvariti, između ostalog, poveznice sa Biologijom i Tjelesnim odgojem (npr. biomehanika i dizanje tegova), ali i sa Tehničkom kulturom (npr. analiziranje različitih sprava zasnovanih na prostim mehanizmima). Također su moguće i određene poveznice sa Historijom (npr. kako je razvoj mašina utjecao na određena historijska dešavanja).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Data oblast jako je pogodna za razvijanje vještine rješavanja problema u autentičnim kontekstima (npr. kako iskoristiti znanje fizike radi pomjeranja teških objekata). Osim toga, moguće je otvoriti diskusiju o pozitivnim i negativnim efektima koje je razvoj mašina donio za čovječanstvo. Kroz zadavanje konstruktorskih zadataka (npr. kreiranje modela poluge), moguće je razvijati i kreativno-produktivnu komeptenciju.

## C

### Molekularna fizika i termodinamika

#### C.8.1

Primjenjuje znanje o molekularnim silama i čestičnoj građi tvari radi analiziranja fizikalnih svojstava, stanja i pojava.

Analizira historijski razvoj predstave o građi materije.

Opisuje čestičnu strukturu tvari ističući odgovarajuće razlike (međučestično rastojanje, način kretanja čestica, međudjelovanje) između tijela u različitim agregatnim stanjima.

Koristi model čestične građe tvari radi objašnjavanja određenih fizikalnih pojava (npr. difuzija, toplotno širenje) i makro svojstva tijela (npr. stišljivost, mogućnost mijenjanja oblika).

FIZ-2.1.1 FIZ-2.1.2

#### C.8.2

Analizira međupovezanost unutrašnje energije, toplote, temperature i rada.

Razlikuje unutrašnju energiju, toplotu, količinu toplote i temperaturu.

Iskazuje vrijednost temperature koristeći različite temperaturne skale.

Opisuje moguće načine promjene unutrašnje energije tijela služeći se primjerima iz svakodnevnice.

Uspoređuje pojmove mehaničke energije i unutrašnje energije.

Analizira mogućnosti pretvaranja toplotne energije u rad.

Određuje promjenu temperature tijela do koje dolazi dovođenjem / odvođenjem određene količine toplote.

FIZ-2.2.1 FIZ-2.2.2

#### C.8.3

Objašnjava promjene agregatnog stanja tijela i kritički procjenjuje primjene kalorike u raznovrsnim kontekstima.

Opisuje uvjete pod kojima dolazi do promjene agregatnog stanja tijela (npr. ovisnost o temperaturi i pritisku).

Objašnjava zašto prilikom promjene agregatnog stanja ne dolazi do promjene temperature.

Objašnjava pojmove toplote mržnjenja, topljenja, isparavanja i kondenziranja.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama prenošenja toplotne energije (npr. kod sistema centralnog grijanja) i toplotnog širenja tijela (npr. princip rada termometra, anomalija vode).

Primjenjuje pojam toplotne izolacije u raznovrsnim kontekstima (npr. svakodnevno oblačenje, termos boca, termoizolacija u građevinarstvu).

FIZ-2.2.1 FIZ-2.2.2

KLJUČNI SADRŽAJI

Čestični model tvari, molekule, atomi, unutrašnja energija tijela, temperatura, količina toplote, specifični toplotni kapacitet, termičko širenje tijela, agregatna stanja tvari, promjena agregatnih stanja i prenošenje toplote.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

Jedna jako izražena poteškoća u oblasti rezonovanja o građi tvari jeste da se mikročesticama pogrešno pripisuju slične osobine kao makro tijelima (npr. "atomi gasa imaju boju, rastu uslijed grijanja i padaju na dno posude"). Kada je u pitanju kalorika, jako su izražene jezičke miskoncepcije (npr. nerazlikovanje temperature i toplote, te isparavanja i ključanja). Zbog toga je potrebno omogućiti što više prilika za verbalno iskazivanje ideja. Konkretno, treba zahtijevati da primjenjivanje modela građe tvari i temeljne termodinamičke veličine radi odgovaranja na veliki broj konceptualnih pitanja (npr. kod objašnjavanja toplotnog širenja tijela). Pri tome treba eksplicitno iskazati da se subjektivni osjećaj zagrijanosti dovodi u vezu sa brzinom odavanja/primanja toplotne energije. Kada su u pitanju načini promjene unutrašnje energije tijela, potrebno je nadograditi ideje o fizikalnom sistemu i okolini, prvobitno uvedene kod izučavanja zakona očuvanja mehaničke energije, te razmotriti veći broj primjera gdje se unutrašnja energija mijenja toplotom odnosno radom. Pri tome je važno uvesti jasno pravilo o predznaku toplote/rada (npr. pozitivno kada god energija ulazi u sistem). Osim toga, poželjno je procjenjivati različite načine prenošenja toplotne energije koristeći se primjerima iz stvarnog života (npr. za dlan pored i iznad plamena svijeće). Potencijalno plodotvoran kontekst za razmatranje promjene agregatnih stanja predstavlja analiziranje grafikona ovisnost temperature o vremenu, pri čemu se temperatura mijenja zbog toplotnog procesa.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je kreirati poveznice sa Hemijom, po pitanju modela građe tvari, ali i sa Biologijom (npr. međumolekularne sile i kapilarne pojave). Zanimljiva mogućnost kreiranja poveznica sa Biologijom odnosi se i na pojavu termoregulacije kod čovjeka, te na mehanizam znojenja i značaj anomalije vode za živu prirodu.

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Primarna mogućnost odgojnog djelovanja sastoji se u razvijanju svijesti o efektu staklene bašte. Dodatna mogućnost odgojnog djelovanja sastoji se, između ostalog, u stvaranju osnova za bolje razumijevanje svrsishodnosti slojevitog odijevanja u zimskim danima, te oblačenja svijetle, prozračne odjeće u ljetnim mjesecima. Također, postoji mogućnost odgojnog djelovanja po pitanju kulture stanovanja (npr. energetske uštede kroz toplotnu izolaciju). Aktivnosti kreiranja i interpretiranja raznovrsnih grafikona i dijagrama doprinose razvoju komunikacijske kompetencije.

## A

### Priroda fizike i naučni metod

#### A.8.1

Primjenjuje eksperimentalni metod u kontekstu fizike.

Objašnjava svrhu izvođenja eksperimenta, specificira potreban pribor i eksperimentalne procedure.

Identifikuje varijable koje tokom izvođenja eksperimenta treba održavati stalnim.

Pravilno rukuje mjernim instrumentima i priborom, provodi eksperimentalne procedure i obrađuje mjerne podatke.

Prikazuje mjerne podatke pomoću tabela i grafikona, kvalitativno i kvantitativno ih interpretira, te identifikuje grube greške u mjerenju.

	Diskutuje o potencijalnim sigurnosnim rizicima (zdravlje učenika, oprema) koji se vežu uz provođenje eksperimenta, te identifikuje odgovarajuće mjere predostrožnosti/zaštite.
FIZ-5.2.1 FIZ-5.2.3	
A.8.2 Primjenjuje matematički metod u kontekstu fizike.	<p>Tumači direktnu i obrnutu proporcionalnost u kontekstu sadržaja fizike.</p> <p>Kreira i interpretira tabelarne i grafičke prikaze zavisnosti fizikalnih veličina.</p> <p>Tumači, kombinuje i transformiše jednostavne matematičke izraze u kontekstu fizike.</p> <p>Skicira i opisuje problemsku situaciju, identifikujući pri tome relevantna tijela, veličine i međuovisnosti veličina.</p> <p>Modelira fizikalni problem jezikom matematike, pretvara mjerne jedinice i računa traženu veličinu.</p> <p>Evaluirira smislenost rezultata dobijenog rješavanjem problema.</p>
FIZ-5.2.1 FIZ-5.2.2	
A.8.3 Primjenjuje komunikacijske vještine u kontekstu fizike.	<p>Razlikuje značenje određenih pojmova (npr. svjetlost, električna struja) u jeziku fizike i jeziku svakodnevice.</p> <p>Prikuplja podatke relevantne za fiziku služeći se raznovrsnim izvorima znanja, uključujući i informacione tehnologije.</p> <p>Izražava rezultate mjerenja pomoću SI jedinica, te tumači i koristi odgovarajuće prefikse.</p> <p>Objašnjava fizikalne pojave i procese, te opisuje rezultate oglada (ili promatranja) koristeći se fizikalnim pojmovima i modelima.</p> <p>Diskutuje o temama relevantnim za fiziku (uključujući i rezultate eksperimenata) koristeći se različitim reprezentacijama (riječi, crteži, grafikoni, tabele, matematički izrazi, makete, simulacije, video-snimci, multimedijalne prezentacije) i tehnologijama, te pri tome uvažava sagovornike.</p>
FIZ-5.1.1 FIZ-5.2.3 FIZ-5.3.2	
<b>KLJUČNI SADRŽAJI</b>	

Svi sadržaji predviđeni za izučavanje u osmom razredu.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Eksperimentalni metod

Preporučeni projekti izrade: barometra, balona na topli zrak, termometra

Također bi trebalo obezbijediti učešće u izvođenju sljedećih eksperimenata svim učenicima-cama: Mjerenje kinematičkih veličina za pravolinijsko kretanje, Provjera Drugog Newtonovog zakona, Istraživanje primjene i pravila poluge, Određivanje gustine tečnosti pomoću potiska, Mjerenje reda veličine molekule, Mjerenje temperature. Ovu listu potrebno je shvatiti samo kao preporuku u nastavi Fizike za osmi razred.

Prilikom izvođenja eksperimenata potrebno je posvetiti posebnu pažnju na sigurnost eksperimentiranja. Podsticati izvođenje oglada sa lako pristupačnim materijalima.

### 2. Matematički metod



Potrebno je insistirati na metodičkom pristupu izradi fizikalnih zadataka: vizualizacija, fizikalna rasprava, kreiranje i implementacija matematičkog plana, kritički osvrt na rješenje zadatka. Pri rješavanju zadataka je korisno, a nekada je neophodno primijeniti matematička znanja poput rješavanja linearnih jednačina, računskih operacija sa stepenima, Pitagorine teoreme, odnosu stranica i uglova u trouglu.

Kod zadataka iz mehanike treba podsticati da korištenje dijagrama sila i dijagrama kretanja.

### 3. Ovladavanje komunikacijskim vještinama u kontekstu fizike

Potrebno je u nastavi kod uvođenja novih pojmova zahtijevati opis shvataja pojmove na osnovu jezika svakodnevnice, kako bi se uočile eventualne jezičke miskoncepcije i omogućio proces konceptualne promjene.

Treba insistirati na kombiniranju velikog broja različitih prikaza informacija i na aktivnostima prevođenja jednih prikaza u druge. Također, potrebno je priuštiti brojne prilike za komuniciranje o fizikalnim pojavama i procesima – bilo da se radi o diskutovanju o ishodima eksperimenta, prezentiranju seminarskog rada ili pisanju pripreme za eksperimentalni rad.

Prilikom komuniciranja ideja o mehaničkim pojavama treba poticati skiciranje dijagrama kretanja i dijagrama sila.

## ► Osnovno ► 9.

### Godine učenja i podučavanja predmeta: 3

#### D

#### Elektricitet i magnetizam

##### D.9.1

Analizira razvoj ideja o elektricitetu, te objašnjava procese naelektrisanja i razelektrisanja tijela.

Analizira historijski razvoj ideja o naelektrisanjima uključujući i moderna shvatanja o prirodi i vrsti naelektrisanja.

Objašnjava zašto tijelo ne može imati proizvoljnu vrijednost naelektrisanja.

Objašnjava različite načine naelektrisanja i razelektrisanja makroskopskih tijela polazeći od znanja o građi tvari i od zakona očuvanja naboja.

##### FIZ-3.1.1

##### D.9.2

Istražuje međudjelovanje naboja i ponašanje tijela u električnom polju.

Opisuje električno polje tačkastog naboja koristeći se riječima i crtežima.

Eksperimentalno istražuje i opisuje međudjelovanje naelektrisanih tijela.

Eksperimentalno istražuje i opisuje ponašanje provodnika i izolatora u električnom polju.

Uspoređuje karakteristike gravitacionog i električnog polja.

Objašnjava princip funkcioniranja kondenzatora i njegove primjene u praksi.

##### FIZ-3.1.1 FIZ-3.1.2

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama elektrostatičke u svakodnevnici i tehnici (npr. princip rada gromobrana, pročišćivač vazduha).

#### KLJUČNI SADRŽAJI

Građa atoma, električni naboj, međudjelovanje naboja, naelektrisanje tijela, električna influencija, elektroskop, zakon o održanju ukupnog naboja, električno polje, jačina električnog polja, Coulombov zakon, električni potencijal i napon, električni kapacitet, kondenzatori i vezivanje kondenzatora.



### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

Mnogi pogrešno smatraju da se izolatori, za razliku od provodnika, ne mogu naelektrisati. Pri tome često smatraju da se tijelo pozitivno naelektriše tako što primi protone. Postoje i poteškoće u objašnjavanju međudjelovanja naelektrisanih i neutralnih tijela, te korištenje Coulombovog zakona i u situacijama u kojima to nije prikladno (npr. za tijela proizvoljnog oblika). Kada je u pitanju pojam polja, mnogi uopšte ne uviđaju svrhu uvođenja polja, te imaju poteškoće u tumačenju linija električnog polja (npr. vjeruju da polje postoji samo na iscrtanim linijama). Zbog svega navedenog, potrebno je unutar ove tematske cjeline započeti proces razvoja mentalnog modela naboja i mentalnog modela polja. Model naboja treba da sadrži informaciju o svojstvima naboja, električnim svojstvima materijala, procesu naelektrisavanja, međudjelovanju tačkastih naboja i poveznica sa modelom građe tvari. Model polja treba da jasno iskazuje prirodu pojma polja (dodjeljivanje vektora jačine električnog polja različitim tačkama prostora), pojam potencijala, značenje linija električnog polja, ideju da polje nije ograničenog dosega, te princip superpozicije. Radi razvijanja ova dva modela, poželjno je koristiti oglede sa lako pristupačnim materijalima te analogiju između homogenog električnog polja između ploča kondenzatora i gravitacionog polja unutar učionice. Nakon kreiranja pomenutih mentalnih modela treba podsticati korištenje u što raznovrsnijim kontekstima.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Pogodno je kreiranje poveznica sa Matematikom, posebno u smislu grafičkog slaganja vektora i shvatanja pojma tangente (kod definiranja linija električnog polja).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Pogodno je razmatrati primjene elektrostatike u svakodnevnicima i tehnicima, npr. kod uređaja za prečišćavanje vazduha i njihovog potencijalnog doprinosa očuvanju zdravlja. Moguće je razvijati i kreativno-produktivnu kompetenciju, kroz raznovrsne konstruktorske radove (npr. izrada modela elektroskopa).

D.9.1

Objašnjava pojavu i efekte protjecanja električne struje u čvrstim tijelima, tečnostima i gasovima.

Identificira uvjete u kojima dolazi do proticanja istosmjerne struje.

Identificira nosioce električne struje kod tijela u različitim agregatnim stanjima.

Objašnjava efekte proticanja električne struje kroz čvrsta tijela, tečnosti i gasove.

FIZ-3.2.1

D.9.2

Sastavlja i analizira kolo istosmjerne struje.

Sastavlja jednostavno realno ili virtuelno strujno kolo prema zadanoj shemi ili crta shemu prema zadanom kolu.

Analizira veze i odnose između različitih elemenata strujnog kola polazeći od koncepta energije.

Navodi primjere, mane i prednosti serijske i paralelne veze potrošača (npr. u kontekstu domaćinstva).

Opisuje veličine koje mjeri u strujnom krugu.

Koristi Ohmov i Joule-Lenzov zakon radi određivanja vrijednosti fizikalnih veličina koje karakterišu procese u jednostavnom strujnom kolu.

FIZ-3.2.2

### D.9.3

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o kolima istosmjerne struje u autentičnim kontekstima.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o historijskom značaju otkrića električne energije.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o korištenju istosmjerne električne struje u raznovrsnim kontekstima.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o kolima istosmjerne struje i zaštiti od otrojnog udara.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o izvorima električne energije, načinima uštede energije i odgovarajućim mogućnostima zaštite okoliša.

FIZ-3.2.2

## KLJUČNI SADRŽAJI

Električna struja, električno kolo i njegovi elementi, napon, jačina električne struje, Ohmov zakon za dio električnog kola, električni otpor, otpornici, vezivanje otpornika u električno kolo, prvo Kirchoffovo pravilo, Ohmov zakon za zatvoreno električno kolo, toplotno, hemijsko i magnetsko djelovanje električne struje, rad i snaga električne struje, primjena efekata električne struje, opasnost i zaštita od električnog udara.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

Neke od ustaljenih miskoncepcija u ovoj oblasti vezane su za vjerovanja da: baterija predstavlja mjesto iz kojeg izviru naboji, sijalica u jednostavnom strujnom kolu svijetli zbog sudara struja koje potječu iz različitih polova baterije, te da se jačina struje troši pri prolasku kroz sijalicu.

Zbog toga je u ovoj oblasti bitno od početka raditi na razvijanju prihvatljivog mentalnog modela strujnog kola koji razlikuje brzinu usmjerenog kretanja naboja i brzinu prenošenja energije kroz kolo, pri čemu naelektrisane čestice prenose energiju. Za ovaj model, od ključnog je značaja povezati energetske procese u unutrašnjem i vanjskom dijelu kola. Pri tome se miskoncepcija o trošenju jačine struje na sijalici može "zamijeniti" idejom da se na sijalici "troši", tj. transformiše električna energija. Brzina transformacije energije na sijalici se može dovesti u vezu sa snagom sijalice. Potrebno je objasniti prednosti paralelnog povezivanja potrošača u domaćinstvu (međusobna neovisnost različitih potrošača). Razvijanje mentalnog modela o strujnom kolu moguće je efektivno sprovesti korištenjem (virtualnih) eksperimenata i analogija (npr. lanac na biciklu ili strujanje vode kroz cijevi).

Nakon što se obezbijedi mogućnost kreiranja kvalitativnih modela o strujnim kolima, potrebno je te modele obogatiti i kvantitativnim elementima, uz uvažavanje principa primjerenosti. Najzad je potrebno obezbijediti priliku za korištenje stečenog znanja u raznovrsnim konceptualnim kontekstima. Iz perspektive metodike, unutar ove teme postoji mogućnost provođenja aktivnosti poput otkrivanja greške u datom kolu ili dizajniranja kola koje bi najbolje ispunilo unaprijed datu svrhu.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Ova oblast je pogodna za ostvarivanje brojnih poveznica sa predmetom Tehnička kultura (npr. princip rada osigurača). Moguće su i poveznice sa predmetom Biologija (npr. prenošenje nervnih signala) i Historija (npr. kako su izumi u ovoj oblasti promijenili čovjekovu svakodnevnicu).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Specifični doprinos odgojnom djelovanju unutar ove oblasti moguć je kroz sticanje znanja i vještina koje se odnose na opasnosti od strujnog udara, prevenciju strujnog udara, pružanje pomoći unesrećenom, te razmatranje opasnosti električnih vodova za ptice. Također se može značajno podsticati odgovornost u

kontekstu sigurnog i korektnog ophođenja sa laboratorijskom opremom. Jako je poželjno, pored realnih, provoditi i virtualne eksperimente, koji nude mogućnost demonstriranja pojmova poput kratkog spoja.

D.9.1

Istražuje magnetno svojstvo tvari i karakteristike magnetskog polja.

Eksperimentalno istražuje i opisuje magnetno međudjelovanje (npr. štapnog magneta i tijela od željeza; dva štapna magneta; dva provodnika sa strujom).

Eksperimentalno istražuje i linijama polja predstavlja magnetno polje trajnih magneta i provodnika sa strujom.

Uspoređuje električno i magnetno polje.

Uspoređuje magnetno polje trajnog magneta i magnetno polje električne struje.

FIZ-3.3.1

D.9.2

Primjenjuje znanje o magnetnom međudjelovanju u raznovrsnim kontekstima.

Primjenjuje znanje o međudjelovanju stalnih magneta u raznovrsnim kvalitativnim kontekstima.

Kvalitativno opisuje ponašanje provodnika sa električnom strujom u magnetnom polju.

Objašnjava princip rada uređaja zasnovanih na magnetnom međudjelovanju (npr. kompas, elektromagnet, elektromotor).

FIZ-3.3.2

D.9.3

Istražuje pojavu elektromagnetne indukcije i kritički procjenjuje mogućnosti njene primjene u praksi.

Analizira vezu između električnog i magnetnog polja.

Eksperimentalno istražuje (virtulni i/ili realni eksperimenti) i tumači ovisnost inducirane elektromotorne sile o različitim veličinama.

Primjenjuje zakon elektromagnetne indukcije u različitim problemskim situacijama.

Uspoređuje princip rada elektromotora, transformatora i generatora.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o društveno-ekonomskim prednostima i nedostacima različitih vrsta elektrana.

FIZ-3.3.3

## KLJUČNI SADRŽAJI

Magnet, magnetno polje, magnetno polje Zemlje, jačina magnetnog polja pravolinijskog provodnika i zavojnice, magnetna indukcija, magnetni fluks, elektromagnet, provodnik sa strujom u magnetnom polju, magnetno djelovanje paralelnih struja, elektromagnetna indukcija, Faradayev zakon, Lenzovo pravilo, izvori naizmjenične struje, transformatori i generatori.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

Kada je u pitanju razumijevanje stalnih magneta, ključna miskoncepcija sastoji se u vjerovanju da magnetni polovi međudjeluju sa naelektrisanim tijelima. U oblasti elektromagnetne indukcije, često se zabavlja da je promjena magnetnog fluksa, a ne fluks sam po sebi, odgovorna za elektromagnetnu indukciju. Naglasiti i predočiti učenicima da promjene fluksa mogu nastati promjenom jačine magnetnog polja, ali i promjenom površine kroz koju polje prolazi.

Preporuka je da se nastava zasnjuje na demonstracionim eksperimentima, te da se na bazi tih eksperimenata uvede i pojam magnetnog polja. Posredstvom orijentacije velikog broja magnetnih igli u prostoru oko

magneta mogu se uvesti i linije magnetnog polja. Za kreiranje predodžbe o magnetnim pojavama bitno je i razvijanje ideja o elementarnim magnetima. Na taj način olakšava se npr. shvatanje magnetne influencije. Općenito, značajno je shvatiti vezu između električnog polja i magnetskog polja, tj. između Oerstedovog i Faradayevih oglada. Pri tome je korisno uvesti analogiju između zavojnice sa strujom i štapnog magneta. Poželjno je kroz misaone ili realne eksperimente detaljno prodiskutovati različite načine induciranja napona, te omogućiti u raznovrsnim eksperimentalnim kontekstima primjenu Lenzovog pravila za određivanje smjera inducirane struje. Jako bitno mjesto unutar ove tematske cjeline pripada razvijanju razumijevanja sistema snabdijevanja električnom energijom (električna kola u domaćinstvu, elektrane, dalekovodi, propisi).

Radi što efektivnijeg ispunjavanja ishoda za ovu tematsku cjelinu preporučuje se i obezbjeđivanje učeničkih posjeta muzejima prirodnih nauka.

## 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je ostvarivanje poveznica sa Geografijom (npr. polarna svjetlost) i Tehničkom kulturom (npr. elektromotor, zvučnik, mikrofoni, korištenje elektromagneta u raznim uređajima).

## 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Specifične mogućnosti odgojnog djelovanja unutar ove teme odnose se na ukazivanje koristi kompasa za orijentaciju u prostoru. U tom kontekstu je moguće diskutovati kako je kompas odigrao značajnu ulogu u geografskim otkrićima i time utjecao na razvijanje suvremene slike svijeta. Također se kroz primjere iz historije fizike (npr. Oerstedov ogled) može jasnije prikazati sama priroda naučnog spoznavanja stvarnosti u kojoj je ponekada i faktor slučajnosti mogao igrati bitnu ulogu. Najzad, treba prodiskutovati kako je otkriće elektromotora utjecalo na olakšavanje vršenja rada.

## B

### Mehanika

#### B.9.1

Analizira oscilatorno i talasno kretanje.

Uspoređuje pojmove oscilatornog i talasnog kretanja.

Navodi primjere koji ilustruju mogućnost prenošenja energije putem talasa.

Objašnjava nastanak, prostiranje, apsorpciju i odbijanje mehaničkih (zvučnih) talasa.

Analizira veze i odnose između veličina koje opisuju talasno kretanje, te pomenute veze predstavlja u verbalnoj i matematičkoj formi.

Grafički predstavlja talasno kretanje pomoću talasnih površina i talasnih zraka.

FIZ-4.1.1

#### B.9.2

Objašnjava svojstva zvuka i kritički procjenjuje mogućnosti primjene zvučnih talasa u praksi.

Uspostavlja kvalitativnu vezu između frekvencije i visine zvuka.

Uspostavlja kvalitativnu vezu između amplitude i glasnoće zvuka.

Uspoređuje brzinu zvuka u čvrstim tvarima, tečnostima i gasovima.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama zvučnih i ultrazvučnih talasa u biologiji, medicini, tehnici i svakodnevnici (npr. čulo sluha, zaštita od buke, ultrazvučna dijagnostika, čišćenje, razbijanje kamenca, sonar).

FIZ-1.3.4 FIZ-1.3.5

### KLJUČNI SADRŽAJI

Periodično i oscilatorno kretanje, talasi, izvori talasa, vrste talasa, period, frekvencija i talasna dužina talasa, brzina širenja talasa, zvuk kao talas, izvori zvuka, brzina zvuka ultrazvuk, infrazvuk, primjena.

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

Neke od najčešćih miskoncepcija pri učenju o mehaničkim talasima odnose se na pogrešno vjerovanje sukladno kojem se kod talasnog kretanja dešava prenošenje mase kroz prostor, te na vjerovanje da se kod talasnog kretanja same čestice sredine kreću po sinusoidnoj putanji.

U okviru ove teme, bitno je najprije zorno uvesti temeljne veličine koje služe za opis oscilatornog kretanja (npr. amplituda, period), što se efikasno može postići korištenjem digitalne video analize oscilovanja tijela na opruzi. Zatim se na primjeru zvučnih talasa može objasniti nastanak mehaničkih talasa, prenošenje energije i informacija putem talasa (model "emiter-sredina-prijemnik" zvuka), te interakcija mehaničkih talasa sa materijom (apsorpcija, odbijanje). Pri tome je korisno uspostavljati veze i odnose između različitih grafičkih predstavljanja karakteristika zvučnih talasa (npr. talasne površine, zrake, sinusoidne). Najzad, bitno je uspostaviti vezu između fizikalnih veličina kojima predstavljamo talase i svojstava zvuka koje percipiramo preko čula sluha (npr. glasnoća, visina). Najzad, i unutar ove teme se preporučuje korištenje razvijenog modela nastanka, prostiranja i prijema zvuka (npr. interakcijom zvučnog talasa sa bubnom opnom), radi objašnjavanja raznovrsnih pojava.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Unutar ove teme moguće je kreiranje značajnih poveznica sa predmetom Muzička kultura (npr. muzički instrumenti), ali i sa predmetom Biologija (npr. govor i čulo sluha). Poželjno je i korištenje informatičkih softwera za snimanje i analiziranje zvučnih zapisa.

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Moguće je odgojno djelovati u smislu stjecanja znanja i razvijanja vještina u oblasti zaštite od buke (npr. efekti izlaganja glasnom zvuku, mogućnosti apsorpiranja energije zvučnog talasa).

Također je moguće raditi na osposobljavanju korištenja moderne tehnologije radi mjerenja razine buke i procjenjivanja rizika po zdravlje.

## E

### Optika i moderna fizika

#### E.9.1

Analizira razvoj ideja o pojmu svjetlosti i objašnjava viđenje predmeta različitih boja.

Analizira kako se kroz historiju razvijao pojam svjetlosti.

Uspoređuje svjetlost sa ostalim talasima iz elektromagnetnog spektra.

Objašnjava kako vidimo predmete oko sebe, uključujući i razlikovanje boja.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o problemu svjetlosnog onečišćenja.

#### FIZ-4.2.2

#### E.9.2

Primjenjuje zakone geometrijske optike i procjenjuje njihov praktični značaj.

Primjenjuje znanje o pravolinijskom prostiranju svjetlosti radi objašnjavanja pojava (npr. nastanak sjenke i polusjenke, te pomračenje Sunca i Mjeseca) ili konstruisanja uređaja/sistema (npr. tamna komora).

Primjenjuje znanje o (totalnoj) refleksiji i refrakciji svjetlosti radi tumačenja pojava iz svakodnevice i tehnike (npr. objašnjavanje prividne dubine, pojava duge, fatamorgana, optički kabl) i konstrukcije jednostavnih optičkih uređaja (npr. model periskopa).

Analitički i grafički rješava jednostavne probleme dobijanja lika predmeta pomoću tamne komore, ogledala i sočiva.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama optičkih instrumenata u svakodnevnicima, medicini i tehnici (npr. u saobraćaju, stomatologiji i sl).

FIZ-2.2.2

## KLJUČNI SADRŽAJI

Izvori, prostiranje, brzina svjetlosti, priroda svjetlosti, tamna komora, odbijanje svjetlosti od ravnog ogledala, sferno ogledalo, karakteristični elementi i zraci, jednačina preslikavanja, zakon prelamanja svjetlosti, optičke leće, karakteristični elementi i zraci, jednačina preslikavanja, boje, disperzija svjetlosti, elektromagnetni spektar.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

Neke od čestih miskoncepcija u oblasti optike odnose se na vjerovanje da čovjek vidi predmet tako što zraka iz oka doprije do tog predmeta, te vjerovanje da slika predmeta nastaje tako što u cjelini putuje od predmeta kroz optički element do zaslona. Također je često vjerovanje da su jedine zrake koje polaze od predmeta do sočiva upravo karakteristične zrake.

Unutar ove teme moguće je koristiti sličan model kao kod akustike, tj. potrebno je razmišljati o tome kako nastaje svjetlost, kako se prostire kroz sredinu i najzad kako interakcijom sa okom i preradom signala u mozgu dolazi do osjeta vida. Dakle, bitno je shvatiti da čovjek predmete oko sebe vidi tako što svjetlost od tih predmeta dolazi do našeg oka, pri čemu veliki značaj pripada difuznom odbijanju svjetlosti. Pri tome boja predmeta ovisi o frekvenciji svjetlosnih talasa koji od predmeta dolaze do našeg oka. Kada je u pitanju mehanizam prostiranja svjetlosnih talasa, potrebno je eksplicitno istaknuti razliku u odnosu na zvučne talase. S druge strane, korisno je istaknuti i sličnosti u formalizmu, a koje se odnose na zakone odbijanja i prelamanja svjetlosnih i zvučnih talasa. Polazeći od modela svjetlosne zrake, kao i temeljnih zakona geometrijske optike, rješavati kvalitativne probleme u raznovrsnim kontekstima. Prelazak na kvantitativno opisivanje preslikavanja predmeta na optičkim elementima preporučuje se tek nakon što se utvrdi kvalitativni mentalni model. Pri tome je korisno eksplicitno porediti dobijanje slike pomoću tamne komore, sočiva i ogledala, te u svim tim kontekstima primjenjivati model svjetlosne zrake.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je ostvariti značajne poveznice sa Biologijom (npr. ljudsko oko, mikroskop) i sa Geografijom (npr. pomračenje Sunca i Mjeseca). Poveznica sa predmetom Matematika odnosi se na aktivnost mjerenja uglova, a također postoji i značajna poveznica sa Likovnom kulturom (npr. boje).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Moguće je djelovati odgojno kada je u pitanju zaštita zdravlja (npr. držanje knjige na dovoljnom rastojanju od oka; izbjegavanje posmatranja pomračenja Sunca golim okom). Također je moguće podsticati kreativno-produktivnu kompetenciju kroz konstruktorske zadatke poput izrade modela periskopa.

E.9.1

Tumači različite modele atoma.

FIZ-4.3.2 FIZ-4.3.3 FIZ-5.1.1

Opisuje moderna shvatanja o atomu.

Uspoređuje svojstva jezgre atoma i elektronskog omotača.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o historijskom razvoju ideja o atomu.

Razlikuje prirodnu i vještačku radioaktivnost, te vrste zračenja.

E.9.2

Analizira jednostavne nuklearne procese i kritički procjenjuje posljedice razvoja nuklearne fizike.

Objašnjava kako je spoznata priroda alfa, beta i gama zračenja.

Objašnjava kako se znanje o defektu mase primjenjuje kod proizvodnje energije (nuklearna fisija i fuzija).

Kritički procjenjuje pozitivne i negativne aspekte razvoja nuklearne fizike.

Kritički procjenjuje mjere zaštite od nuklearnog zračenja.

FIZ-4.3.3

E.9.3

Diskutuje o modelu nastanka i evolucije Svemira, te opisuje sastav i strukturu Svemira.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o historijskom razvoju ideje o nastanku i evoluciji Svemira.

Opisuje vrste nebeskih tijela koja postoje u Svemiru (npr. zvijezde, planete, asteroidi, prirodni sateliti).

Opisuje hijerarhijsku strukturu Svemira (npr. galaktičko superjato, galaktičko jato, galaksija, planetarni sistem).

FIZ-4.4.1 FIZ-4.4.2

Opisuje načine orijentacije u prostoru na osnovu poznatih sazviježđa.

## KLJUČNI SADRŽAJI

Struktura atoma, sile u atomu, prirodna i vještačka radioaktivnost, nastanak i evolucija Svemira, nebeska tijela i strukture u Svemiru.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

Kada je u pitanju građa atoma, teško je prihvatljiva ideja da su atomi najvećim dijelom prazan prostor, te se pogrešno smatra da između jezgre i elektronskog omotača uvijek postoji vazduh. U oblasti nuklearne fizika, česta je miskoncepcija da radioaktivnim raspadom jezgra jednostavno nestaju, umjesto da se transformišu u druga jezgra. Kada je u pitanju solarni sistem, poznato je da mnogi razlike u godišnjim dobima dovode u vezu sa udaljenošću Zemlje od Sunca. Osim toga, mnogi vjeruju da je Svemir vječan i nepromjenjiv, te imaju pogrešne ideje o "zvijezdama padalicama".

Razmatranje građe atoma predstavlja produktivan kontekst za zorno predočavanje prirode znanja fizike i samih fizikalnih istraživanja. Tako se npr. Rutherfordov eksperiment može predstaviti kao prototip korištenja metode crne kutije radi spoznavanja građe atoma. Kada je u pitanju nuklearna fizika, osnovni cilj je upoznavanje sa pojavom radioaktivnosti i posljedicama/primjenama ionizirajućeg zračenja. Bitno je zorno istaknuti statistički karakter procesa koji se odvijaju kod radioaktivnog raspada, te ukazati na ključne posljedice interakcije zračenja sa materijom (npr. promjene genetskog materijala). Kada je u pitanju učenje o Svemiru, cilj je doprinijeti razvoju moderne, naučno utemeljene slike svijeta. Također se kroz izučavanje ove teme razvijati stavove o tome da je fizika i dalje "živa", moderna nauka, koja se kontinuirano razvija. Zajedničko za sve spomenute teme moderne fizike je to da su učenici najčešće jako zainteresovani za njihovo samostalno istraživanje, te je ova tematska cjelina pogodna za samostalno istraživanje i učeničke prezentacije. U cilju popularizacije astronomije u osnovnim školama preporučuje se posjeta astronomskom društvu "Orion".

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Ova tematska cjelina nudi po svojoj prirodi mogućnost kreiranja poveznica sa Hemijom (npr. građa atoma), Biologijom (npr. pozitivni i negativni efekti ionizirajućeg zračenja), Geografijom (npr. Zemlja i druga nebeska tijela), Historijom (npr. primjene astronomije u starom Egiptu) i Tehničkom kulturom (izrada kvadranta za zvijezde).



### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Kroz učenje o nuklearnoj fizici omogućava se kompetentnije odlučivanje o određenim aktualnim pitanjima, poput potrebe za gradnjom nuklearnih elektrana, čime se doprinosi razvoju demokratije. U tom kontekstu upoznati se sa pozitivnim i negativnim aspektima razvoja tehnologije (npr. nuklearna energija vs opasnost nuklearnog uništenja). Osim toga, kroz upoznavanje sa opasnostima i mjerama zaštite od ionizirajućeg zračenja, razvijati tjelesno-zdravstvenu kompetenciju. Kroz razmatranje svemirskih istraživanja, se može razvijati svijest o fizici kao modernoj nauci, koja omogućava čovjeku da bolje razumije prirodu svijeta u kojem živimo.

## A

### Priroda fizike i naučni metod

#### A.9.1

Primjenjuje eksperimentalni metod u kontekstu fizike.

Objašnjava svrhu izvođenja eksperimenta, specificira potreban pribor i eksperimentalne procedure.

Identifikuje varijable koje tokom izvođenja eksperimenta treba održavati stalnim.

Pravilno rukuje mjernim instrumentima i priborom, provodi eksperimentalne procedure i obrađuje mjerne podatke.

Prikazuje mjerne podatke pomoću tabela i grafikona, kvalitativno i kvantitativno ih interpretira, te identifikuje grube greške u mjerenju.

Diskutuje o potencijalnim sigurnosnim rizicima (zdravlje učenika, oprema) koji se vežu uz provođenje eksperimenta, te identifikuje odgovarajuće mjere predostrožnosti/zaštite.

FIZ-5.2.1 FIZ-5.2.3

#### A.9.2

Primjenjuje matematički metod u kontekstu fizike.

Tumači direktnu i obrnutu proporcionalnost u kontekstu sadržaja fizike.

Kreira i interpretira tabelarne i grafičke prikaze zavisnosti fizikalnih veličina.

Tumači, kombinuje i transformiše jednostavne matematičke izraze u kontekstu fizike.

Skicira i opisuje problemsku situaciju, identifikujući pri tome relevantna tijela, veličine i međuovisnosti veličina.

Modelira fizikalni problem jezikom matematike, pretvara mjerne jedinice i računa traženu veličinu.

Evaluiraju smislenost rezultata dobijenog rješavanjem problema.

FIZ-5.2.1 FIZ-5.2.2

#### A.9.3

Primjenjuje komunikacijske vještine u kontekstu fizike.

Razlikuje značenje određenih pojmova (npr. svjetlost, električna struja) u jeziku fizike i jeziku svakodnevice.

Prikuplja podatke relevantne za fiziku služeći se raznovrsnim izvorima znanja, uključujući i informacione tehnologije.

Izražava rezultate mjerenja pomoću SI jedinica, te tumači i koristi odgovarajuće prefikse.

Objašnjava fizikalne pojave i procese, te opisuje rezultate oglada (ili promatranja) koristeći se fizikalnim pojmovima i modelima.



Diskutuje o temama relevantnim za fiziku (uključujući i rezultate eksperimenata) koristeći se različitim reprezentacijama (riječi, crteži, grafikoni, tabele, matematički izrazi, makete, simulacije, video-snimci, multimedijalne prezentacije) i tehnologijama, te pri tome uvažava sagovornike.

FIZ-5.1.1 FIZ-5.2.3 FIZ-5.3.2

## KLJUČNI SADRŽAJI

Svi sadržaji predviđeni za izučavanje u devetom razredu.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Eksperimentalni metod

Preporuke za izradu sljedećih projekata: elektromotora, elektroskopa, voćne baterije, elektromagneta. Također bi učeniku bi trebalo obezbijediti učešće u izvođenju sljedećih eksperimenata: Istraživanje načina naelektrisanja tijela, Istraživanje razlika između provodnika i izolatora, Istraživanje magnetizma tvari i elektromagnetne indukcije, Istraživanje električnih veličina u zatvorenom krugu, Istraživanje učinaka električne struje, Mjerenje snage potrošača u električnom strujnom krugu, Mjerenje perioda oscilovanja (opruga, klatno, otkucaji srca), Mjerenje žižne daljine udubljenog ogledala, Mjerenje žižne daljine sabirnog sočiva.

Ovu listu potrebno je shvatiti samo kao preporuku u nastavi fizike za deveti razred.

Prilikom izvođenja eksperimenata potrebno je posvetiti posebnu pažnju na sigurnost i zaštitu (zaštita od strujnog udara, oprez sa svjetlosnim izvorima koji mogu izazvati oštećenje oka (laseri). Podsticati izvođenje oglada sa lako pristupačnim materijalima.

### 2. Matematički metod

Potrebno je insistirati na metodičkom pristupu izradi fizikalnih zadataka: vizualizacija, fizikalna rasprava, kreiranje i implementacija matematičkog plana, kritički osvrt na rješenje zadatka.

Kod zadataka iz oblasti električnih kola treba potencirati crtanje i interpretiraju shemu, kao i dijagrame međuzavisnosti pojedinih veličina. U optici je korisno primjenjivati znanja iz geometrije.

### 3. Ovladavanje komunikacijskim vještinama u kontekstu fizike

Potrebno je u nastavi kod uvođenja novih pojmova zahtijevati da opišu kako oni te pojmove shvataju na osnovu jezika svakodnevnice, kako bi se uočile eventualne jezičke miskoncepcije i omogućio proces konceptualne promjene.

Treba insistirati na kombiniranju velikog broja različitih prikaza informacija i na aktivnostima prevođenja jednih prikaza u druge. Također, potrebno je priuštiti brojne prilike za komuniciranje o fizikalnim pojavama i procesima – bilo da se radi o diskutiranju o ishodima eksperimenta, prezentiranju seminarskog rada ili pisanju pripreme za eksperimentalni rad.

U oblasti optike, treba ohrabrivati da su objašnjenja potkrepljena dijagramima u kojima koriste model svjetlosne zrake.

### ► Srednje ► I.

#### Godine učenja i podučavanja predmeta: 4

#### A

#### Priroda fizike i naučni metod

##### A.I.1

Tumači prirodu fizike i analizira njen historijski razvoj.

FIZ-5.1.1 FIZ-5.1.2

Analizira historijski razvoj fizike (npr. kroz etape normalne nauke, krize nauke i naučne revolucije) i njen značaj za formiranje slike svijeta.

Tumači fiziku kao jednu vrstu društvene aktivnosti u okviru koje jednako bitne uloge imaju logičko razmišljanje i kreativnost.

Povezuje razvojnost znanja fizike sa korištenjem modela u fizici.

Analizira mjesto fizike u hijerarhiji nauka.

Razlikuje redukcionistički i holistički pristup u nauci.

##### A.I.2

Primjenjuje naučne metode, reprezentacije i tehnologije, te procjenjuje istraživački rad u fizici.

FIZ-5.2.1 FIZ-5.2.2 FIZ-5.2.3

Izvršava operacije nad vektorima (npr. slaganje, razlaganje, skalarni i vektorski proizvod) u kontekstu rješavanja jednostavnih fizikalnih zadataka.

Koristi polinome, racionalne funkcije, stepene i zakonitosti geometrije u kontekstu rješavanja jednostavnih fizikalnih zadataka.

Procjenjuje planove istraživanja i izvještaje o provedenim istraživanjima, te na osnovu toga predlaže poboljšanja u istraživačkom dizajnu.

Računa i analizira mjerne pogreške.

Prikuplja i obrađuje podatke koristeći raznovrsne izvore i tehnologije.

Predstavlja podatke/relacije koristeći se različitim reprezentacijama (npr. tabelarno, analitički, grafički).

#### KLJUČNI SADRŽAJI

A.I.1: Svi sadržaji predviđeni za izučavanje u prvom razredu gimnazije.

A.I.2: Predmet proučavanja fizike i metode, posmatranje, model, hipoteza, eksperiment, teorija, fizikalne veličine i mjerne jedinice, skalarne i vektorske veličine, greške pri mjerenju.

#### PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

##### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

U osnovnoj školi se o prirodi i metodama fizike po prvi put eksplicitno uči u sedmom razredu osnovne škole, a od nastavnika/ca se očekuje da tokom cjelokupnog osnovnoškolskog obrazovanja kreira situacije koje zahtijevaju primjenu stečenih kompetencija. U gimnaziji se očekuje razvijanje dubljeg razumijevanja prirode fizike i intenzivnije korištenje matematičkog aparata. Treba imati u vidu da se i gimnazijskoj nastavi fizike pristupa sa brojnim miskoncepcijama o prirodi fizikalnog znanja (npr. "znanje fizike se više ne razvija i skup je neuvezanih činjenica"), o istraživanjima u fizici (npr. "fizikalno istraživanje mora sadržavati i eksperiment", "postoji istraživački algoritam kojeg koriste svi fizičari"), o mogućnostima fizike (npr. "fizika može riješiti sve probleme čovječanstva", "fizika nije uopšte povezana sa svakodnevicom") i terminologijom fizike (npr. "hipoteza je nagađanje" ili miješanje zapažanja i zaključaka).

Preporučuje se eksplicitno, tj. direktno poučavanje o prirodi fizike kroz koje treba napraviti osvrt na sve gore navedene kategorije miskoncepcija. Pri tome je poželjno u nastavu uključiti odgovarajuće primjere iz historije fizike, kao i aktivnost reflektivnog promišljanja o situacijama koje mogu aktivirati miskoncepcije. Potrebno je razvijati u kompetencije u oblasti dizajniranja i evaluiranja fizikalnih istraživanja, te naučnog pristupanja interpretaciji podataka i dokaza. Naročitu pažnju valja posvetiti značaju kontroliranja varijabli. U tom smislu se preporučuje u ovoj, ali i svim ostalim tematskim cjelinama u gimnazijskom obrazovanju, uključivati zadatke koji nalikuju PISA zadacima koji provjeravaju epistemološko znanje fizike. Jako korisna aktivnost može se sastojati i u dubinskom evaluiranju manjeg broja planova istraživanja i izvještaja o provedenim istraživanjima, pri čemu treba evaluirati kako primjere dobre, tako i primjere loše prakse.

Kada je u pitanju korištenje matematičkog metoda, treba imati u vidu da većina prvobitno ne razumije svrhu korištenja vektora, niti zna vršiti operacije sa vektorima. Potrebno je u naučiti da razlikuje vektor, intenzitet vektora (uvijek pozitivan skalar) i komponentu vektora (skalar koji može biti i negativan). Također, često se ne razumije ni pojam funkcije i postoji problem prelaska sa tipičnih matematičkih notacija u kojima je  $x$  obično nezavisna varijabla, na fizikalne notacije u kojima je  $x$  često zavisna varijabla. Sve navedene poteškoće preporučivo je rješavati kroz rješavanje pažljivo odabranih zadataka u kontekstu fizike (npr. verbalno interpretiranje  $x(t)$  grafa). Kada je u pitanju trigonometrijska funkcija, dovoljno je zadržati se na definiciji i primjeni osnovnih trigonometrijskih funkcija.

## 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Postoje mogućnosti kreiranja poveznica sa predmetima iz oblasti prirodnih nauka po pitanju tematike "prirode prirodnih nauka" i naučnog metoda. Tu je potrebno obezbijediti konzistentno korištenje terminologije (npr. hipoteza, model, teorija) u različitim predmetima. Postoje i značajne poveznice sa Matematikom, po pitanju korištenja vektora i elementarnih funkcija.

## 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Unutar ove oblasti moguće je razvijati stavove o fizikalnim teorijama kao kulturnom blagu najvišeg ranga, te kritički razmatrati utjecaj razvoja fizike na sliku svijeta i kvalitet življenja. U tom smislu treba razvijati uvažavanje za različite perspektive u poimanju materije, pojava i procesa (npr. fizikalna, umjetnička, vjerska perspektiva). Osim toga, priliku za kritičko razmišljanje nude i aktivnosti procjenjivanja planova istraživanja i izvještaja o provedenim istraživanjima. Također je moguće razvijati svijest o činjenici da se objektivnost u fizici u velikoj mjeri obezbjeđuje kroz korištenje matematičkog aparata.

## B

### Mehanika

#### B.1.1

Analizira veze i odnose između temeljnih kinematičkih pojmova.

FIZ-1.2.1

Razlikuje temeljne kinematičke pojmove u kontekstu primjera iz svakodnevnice (npr. brzina - putna brzina, brzina - ubrzanje, vektor položaja - vektor pomaka, put - putanja, translatorno kretanje - obrtno kretanje).

Tumači pojam relativnosti kretanja služeći se konkretnim primjerima.

Uspoređuje trenutne i srednje vrijednosti kinematičkih veličina.

Tumači skalarnu ili vektorsku prirodu kinematičkih veličina.

B.I.2

Istražuje pravolinijska kretanja.

Eksperimentalno istražuje i opisuje zakon puta kod pravolinijskih kretanja.

Kreira različite reprezentacije (npr. dijagram kretanja, tabela, grafikon, formule) za predstavljanje zakonitosti pravolinijskog kretanja tijela, te uspostavlja veze između različitih reprezentacija.

Kvalitativno i kvantitativno analizira s-t, v-t i a-t grafikone (npr. nagib, površina ispod krive, uspostavljanje veza među kinematičkim veličinama).

Rješava relativno složene teorijske i praktične probleme u kontekstu pravolinijskih kretanja.

FIZ-1.2.2

B.I.3

Istražuje složena kretanja.

Razlikuje pravolinijska i složena kretanja, te u tom kontekstu ističe princip nezavisnosti kretanja.

Koristi raznovrsne tehnologije/pristupe (npr. digitalna video analiza) za istraživanje složenih kretanja.

Povezuje izgled putanje sa promjenom vektora brzine tokom vremena.

Kreira različite reprezentacije (dijagram kretanja, tabela, grafikon, formule) za predstavljanje zakonitosti složenog kretanja tijela, te uspostavlja veze između različitih reprezentacija.

Rješava kvalitativne i kvantitativne fizikalne probleme koji uključuju složena kretanja.

FIZ-1.2.2

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o složenim kretanjima u raznovrsnim kontekstima (npr. sport).

## KLJUČNI SADRŽAJI

Referentni sistem, radijus vektor, put i pomak, brzina i ubrzanje, ravnomjerno pravolinijsko kretanje, promjenjivo pravolinijsko kretanje, relativnost kretanja, kretanje u gravitacionom polju, pravac brzine pri kretanju po krivoj liniji.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

U osnovnoj školi se o osnovama kinematike po prvi put uči početkom osmog razreda, pri čemu je fokus na učenju temeljnih kinematičkih pojmova i razmatranju pravolinijskih kretanja. U gimnaziji se u većoj mjeri uvažava vektorska priroda pojedinih kinematičkih veličina, a osim pravolinijskih, izučavaju se i krivolinijska kretanja. Međutim, i u gimnazijskoj nastavi treba uzimati u obzir miskoncepcije o kinematičkim pojmovima (npr. "ubrzanje je isključivo povezano sa promjenom intenziteta brzine", "negativno ubrzanje mora značiti da intenzitet brzine postaje manji") i grafovima (npr. shvatanje grafa kao "slike kretanja"), kao i poteškoće u izražavanju (npr. miješanje intervala i trenutka, te korištenje pojma "početnog trenutka").

Radi prevazilaženja pomenutih poteškoća preporučuje se kombiniranje velikog broja reprezentacija: riječi, crteža (dijagrama kretanja), grafikona i formula. Naročito je korisna aktivnost predstavljanja kretanja dijagramom kretanja, tj. nekom vrstom stroboskopskog snimka unutar kojeg se nanose vektori brzine i/ili ubrzanja. Nakon toga se može od tražiti da se za dijagram kretanja skicira odgovarajući grafikon. Sve ove aktivnosti potrebno je obavezno popratiti intenzivnim verbalnim objašnjenjima. Kada je u pitanju kretanje u dvije dimenzije potrebno ga je glatko nadovezati na pravolinijska kretanja, pažljivim uvođenjem principa nezavisnosti kretanja. Korištenje trigonometrijske funkcije treba da je ograničeno na definiciju temeljnih funkcija i najjednostavnije primjene.

## 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Postoji mogućnost kreiranja značajnih poveznica sa predmetom Matematika, posebno po pitanju korištenja kvadratne funkcije i osnovnih trigonometrijskih funkcija. Preporučuje se kreiranje plana korištenja pomenutih funkcija u fizici u uskoj saradnji sa predmetnim nastavnikom/com matematike.

## 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Ova tematska cjelina može značajno doprinijeti razvijanju čitalačke pismenosti, kroz podsticanje povezivanja i kombiniranja različitih načina predstavljanja informacija (npr. tekst i grafikone).

<p>B.I.1</p> <p>Istražuje vezu između sile koja djeluje na tijelo i kretanja tijela.</p>	<p>Analizira historijski razvoj ideja o pojmu sile uključujući i aktuelna shvaćanja o fundamentalnim silama (interakcijama) u fizici.</p> <p>Koristi grafički i matematički metod radi slaganja i razlaganja sila.</p> <p>Eksperimentalno i matematički određuje različite vrste sila.</p> <p>Crta i tumači dijagram sile za veliki broj različitih konteksta.</p> <p>Eksperimentalno istražuje vezu između ukupne sile koja djeluje na tijelo i promjene impulsa tijela, ističući posljedice te veze u raznovrsnim kontekstima (npr. sport, saobraćaj).</p> <p>Koristi I, II i III Newtonov zakon radi rješavanja kvalitativnih, kvantitativnih i praktičnih problema u kontekstu pravolinijskih i složenih kretanja.</p>
<p>FIZ-1.3.1</p>	
<p>B.I.2</p> <p>Istražuje kružno kretanje tijela.</p>	<p>Eksperimentalno istražuje i tumači ravnomjerno kružno kretanje koristeći se klasičnim i/ili modernim tehnologijama (npr. digitalna video analiza stola za rulet).</p> <p>Uspostavlja vezu između veličina kojim opisujemo pravolinijsko i kružno kretanje (npr. pomak – ugaoni pomak, linijska brzina – ugaona brzina, ubrzanje – ugaono ubrzanje).</p> <p>Povezuje pojmove tangencijalnog i centripetalnog ubrzanja, sa promjenom intenziteta odnosno pravca vektora brzine kod kružnog kretanja tijela.</p> <p>Identificira konkretnu prirodu centripetalne sile u raznovrsnim kontekstima.</p> <p>Primjenjuje II Newtonov zakon na kružno kretanje tijela u raznovrsnim kvalitativnim i kvantitativnim kontekstima.</p>
<p>FIZ-1.2.2 FIZ-1.3.1</p>	
<p>B.I.3</p> <p>Primjenjuje znanje o gravitacionom međudjelovanju tijela i objašnjava jednostavne pojave iz oblasti nebeske mehanike.</p>	<p>Primjenjuje Newtonov zakon gravitacije radi rješavanja kvalitativnih i kvantitativnih problema.</p> <p>Objašnjava kretanje objekata u orbiti (npr. brzinu, kinetičku i potencijalnu energiju, pojavu bestežinskog stanja).</p> <p>Tumači konceptualno značenje prve, druge i treće kosmičke brzine.</p> <p>Tumači konceptualno značenje Keplerovih zakona.</p> <p>Analizira povezanost Keplerovih zakona sa Newtonovim zakonom gravitacije.</p> <p>Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o vještačkim i prirodnim satelitima.</p>
<p>FIZ-1.3.3</p>	

## KLJUČNI SADRŽAJI

Newtonovi zakoni, princip nezavisnosti djelovanja sila, slaganje i razlaganje sila (elastična sila, sila trenja, centripetalna sila), reaktivno kretanje, trenje klizanja i kotrljanja, analogija pravolinijskog kretanja i kružnog, ravnomjerno i promjenjivo kružno kretanje, centripetalno ubrzanje, težina tijela, strma ravan, Keplerovi zakoni, Newtonov zakon gravitacije, gravitaciono polje, kosmičke brzine.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline - metodičke smjernice

O poveznici sile i kretanja, te o gravitacionim pojavama, se već učilo u osmom razredu osnovne škole. Ključna nadogradnja i produbljivanje znanja u gimnazijskoj nastavi odnosi se na usloznavanje matematičkog aparata, te razmatranje kružnog kretanja i dublji opis pojma fizikalnog, u ovom slučaju gravitacionog, polja.

Međutim, treba imati na umu da i u gimnaziji, mnogi miješaju silu sa energijom i snagom, te vjeruju da silom mogu djelovati samo živa tijela. Kada je u pitanju III Newtonov zakon, treba paziti da se ne razviju ideje da sila akcije i reakcije djeluju na isto tijelo, te im objasniti da veća tijela i manja tijela međudjeluju istom silom, ali su efekti tog međudjelovanja različiti, zbog različitih masa tijela. Kada je u pitanju kružno kretanje, bitno je da učenici prepoznaju da centripetalna sila nije nikakva zasebna vrsta sile; to je rezultujuća sila koja djeluje prema centru krivine. Kada je u pitanju gravitaciona sila, mnogi njenu pojavu povezuju isključivo sa djelovanjem Zemlje.

Prije pristupanja rješavanju računskih zadataka poželjno je naučiti identificirati sile koje djeluju na tijela i crtati odgovarajuće dijagrame sila. Pri tome je preporučivo uvesti pojam sistema i okoline, te za početak tijelo čije kretanje analiziramo posmatrati kao sistem, a sve ostalo kao okolinu. Sile koje se pojavljuju na granici sistema i okoline su onda kontaktne sile, koje treba razlikovati od sila koje djeluju "na daljinu". Što se tiče različitih vrsta sila, pojedine vrste sila se mogu okvirno uvesti i prije njihovog dubljeg razmatranja (npr. elastična i gravitaciona). Nakon što se razvije vještina identificiranja sila, potrebno je kreirati poveznicu sa pojmom kretanja. Vjerovanje da kretanja može biti samo ako ima i djelovanja sile, treba zamijeniti vjerovanjem da promjene kretanja, tj. promjene brzine, ima samo ako ima i djelovanja sile. Napokon, moguće je pristupiti rješavanju računskih zadataka. Kružno kretanje je moguće situirati u kontekst kretanja određenih nebeskih tijela. Kada je u pitanju kretanje satelita, kroz različite primjere treba pokušati objasniti da se sateliti nalaze u stanju sličnom slobodnom padu, ali se ne približavaju Zemljinoj površini, jer se istom brzinom kojom oni padaju i Zemljina površina zakrivljuje.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je kreiranje značajnih poveznica sa nastavom Geografije (npr. kretanje Zemlje oko Sunca, GIS), te sa Biologijom i Tjelesnim odgojem (npr. biomehanika, fizika različitih sportskih disciplina).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Moguće je iz fizikalne perspektive prodiskutovati određene aspekte sigurnosti u saobraćaju (npr. značaj držanja odstojanja, korisnost air-baga), ali i određene situacije iz sporta (npr. ublažavanje pada u džudu). Digitalne kompetencije se mogu unaprijediti kroz razmatranje GIS-a.

<p><b>B.I.1</b> Istražuje obrtno kretanje tijela.</p>	<p>Uspostavlja veze i odnose između veličina koje opisuju translatorno i obrtno kretanje (npr. impuls - moment impulsa, sila - moment sile, masa - moment inercije).</p> <p>Razlikuje kružno i obrtno kretanje tijela.</p> <p>Eksperimentalno istražuje i opisuje međuovisnost ukupnog momenta sile, momenta inercije i ugaonog ubrzanja tijela.</p> <p>Rješava kvalitativne, kvantitativne i praktične probleme u kontekstu fizike obrtnog kretanja.</p> <p>Objašnjava primjene obrtnog kretanja u praksi (npr. efekat centrifuge).</p>
<p>FIZ-1.2.2 FIZ-1.3.1 FIZ-1.3.2</p>	
<p><b>B.I.2</b> Istražuje statičke zakonitosti i primjene znanja o prostim mehanizmima u praksi.</p>	<p>Primjenjuje osnovne zakonitosti statike u raznovrsnim kontekstima (npr. sport, biomehanika, te građevinska i mašinska industrija).</p> <p>Izrađuje proste mehanizme i objašnjava princip njihovog rada.</p> <p>Izvodi uvjete ravnoteže za različite proste mehanizme.</p> <p>Rješava kvalitativne, kvantitativne i praktične probleme koji zahtijevaju primjenu znanja o prostim mehanizmima.</p> <p>Prikuplja i prezentira informacije o primjeni zakona statike u raznovrsnim kontekstima (npr. sigurnosni propisi pri konstrukciji i gradnji, biomehanika, sport).</p>
<p>FIZ-1.3.6</p>	

## KLJUČNI SADRŽAJI

Moment sile, moment inercije, moment impulsa, analogija translatornog kretanja i rotacionog, energija pri rotacionom kretanju, zakoni održanja, prosti mehanizmi.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

O obrtnom kretanju po prvi put se uči u gimnazijskoj nastavi fizike. Mnoge miskonceptije iz oblasti translatornog kretanja postoje u analognoj formi u oblasti obrtnog kretanja (npr. “ukoliko postoji konstantna ugaona brzina, postoji i moment sile koji ju održava”, “negativno ugaono ubrzanje znači usporavanje”).

Za početak treba ukazati na sličnosti i razlike između kružnog kretanja materijalne tačke i obrtnog kretanja krutog tijela. Preporučivo je poučavanje započeti ponavljanjem kinematike kružnog kretanja materijalne tačke, te na konkretnom primjeru pokazati da se iste veličine (npr. ugaoni pomak, ugaona brzina, ugaono ubrzanje) mogu koristiti i kod razmatranja obrtnog kretanja krutog tijela. Zatim se može preći na pitanje uzroka ugaonog ubrzanja, tj. na uvođenje momenta sile kao vektorske veličine koja ima intenzitet i smjer (npr. u kontekstu otvaranja odškrnutih vrata). Izraz za moment sile potrebno je primijeniti u zornim kontekstima, te diskutovati u svakom od konteksta o osi obrtanja i kraku sile. Najzad, je moguće razmatrati efekte djelovanja momenta sile u različitim kontekstima, s posebnim akcentom na moment sile koji proizvodi gravitaciona sila, te kontekst kotrljanja. Treba primijetiti da se dobar dio gradiva može obraditi kroz pažljivo povlačenje analogije sa translatornim kretanjem.



Nakon obrade obrtnog kretanja, potrebno je kroz raznovrsne aktivnosti omogućiti utvrđivanje i produbljanje stečenog znanja u kontekstu statike i prostih mehanizama. Prosti mehanizmi se sada mogu obraditi na višem matematičkom nivou nego u osnovnoj školi.

## 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je ostvariti značajne poveznice sa Biologijom i Tjelesnim odgojem (npr. biomehanika, džudo).

## 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Moguće je razvijati svijest o značaju uvažavanja sigurnosih propisa u građevinarstvu, te o vezama između fizike i inženjerstva, općenito. Svijest o primjenjivosti fizike u svakodnevnicima, moguće je također razvijati kroz razmatranje fizike obrtnog kretanja u kontekstu vožnje bicikla. Osim toga, kreativno-produktivna kompetencija se može razvijati kroz projekte koji uključuju dizajniranje i/ili izradu jednostavnih mehaničkih mašina.

### B.I.1

Analizira pojam energije, njene različite forme i pretvorbe.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o različitim vrstama izvora energije.

Tumači formule za kinetičku i potencijalnu energiju (gravitacionu i elastičnu).

Analizira jednostavne uređaje u kojima se vrši pretvorba energije ističući stepen korisnog djelovanja kao bitno svojstvo tih uređaja.

Analizira veze i odnose između sile, energije, rada i snage, verbalno i matematički.

Kombinuje koncepte rada, snage i energije radi rješavanja kvalitativnih, kvantitativnih i praktičnih problema.

Objašnjava pojam kalorijskog deficita/suficita u kontekstu razvijanja zdravih prehrambenih navika.

FIZ-1.3.4 FIZ-1.3.5

### B.I.2

Eksperimentalno istražuje i primjenjuje zakone očuvanja u kontekstu translatornog i obrtnog kretanja.

Razlikuje pojmove sistema i okoline.

Identificira procese posredstvom kojih sistem prelazi od početnog do finalnog stanja.

Objašnjava kako može doći do promjene energije, impulsa i/ili momenta impulsa sistema.

Eksperimentalno istražuje zakone očuvanja.

Primjenjuje zakone očuvanja energije, impulsa i momenta impulsa u raznovrsnim kontekstima (npr. sudari, eksplozije).

Povezuje različita stanja sistema koristeći se energetske dijagramima.

FIZ-1.3.5

## KLJUČNI SADRŽAJI

Mehanička energija, mehanički rad, snaga, stepen korisnog djelovanja, održavanje ukupne mehaničke energije, impulsa i momenta impulsa.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

U osnovnoj školi se stiču prvo znanje o energiji, radu i snazi, te razmatraju transformacije i očuvanje energije u jednostavnim kontekstima. U gimnaziji se očekuje da se među pojmovima energije, rada i snage stvara više kvantitativnih poveznica, te da se pozna više kvantitativnih izraza za različite vrste energije. Konceptualni okvir učenja o energiji je sličan kao i u osnovnoj školi, te uključuje vrste energije, transformacije energije, degradaciju energije i očuvanje energije. Očekuje se



sistematska primjena zakona očuvanja energije, impulsa i momenta impulsa, te da razumijevanje veze između zakona o očuvanju energije i teorema o energiji i radu.

Unutar ove tematske cjeline od suštinskog je značaja obezbijediti razumijevanje pojava fizikalnog sistema i okoline, kao i odgovarajuću podjelu na vanjske i unutrašnje sile (ili momente sila), te na konzervativne i nekonzervativne sile. Tek nakon što smo se uvjerali da se razumiju ove podjele, te da postoji sposobnost identificiranja sile u konkretnim situacijama, moguće je zahtijevati rješavanje fizikalnih problema polazeći od zakona očuvanja. Pri tome se snažno preporučuje demonstrirati da primjenjivost zakona očuvanja energije ovisi o izboru fizikalnog sistema; korisno je isti problem pokušati riješiti, kako na osnovu zakona očuvanja mehaničke energije, tako i na osnovu teorema o energiji i radu (za drugačiji izbor fizikalnog sistema).

## 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je kreiranje poveznica sa Biologijom (npr. skladištenje energije kod čovjeka), Hemijom (npr. energija hemijske veze) i Tjelesnim odgojem (npr. ostvarivanje kalorijskog deficita). Također su moguće i poveznice sa Geografijom (npr. izbor prikladne lokacije za gradnju vjetroelektrane) i Historijom (npr. energetske resursi i mirovno pitanje).

## 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Moguće je odgojno djelovati u smjeru razvijanja životnih navika koje pogoduju očuvanju životne okoline. To se primjerice može postići kroz razvijanje svijesti o značaju štednje energije i korištenje alternativnih izvora energije (npr. rasprava o energetskim klasama različitih uređaja). Kreativno-produktivna i poduzetnička kompetencija se mogu razvijati kroz implementiranje projekta na temu energije i zaštite okoliša.

## A

### Priroda fizike i naučni metod

#### A.1.1

Primjenjuje eksperimentalni metod u kontekstu fizike.

Provodi samostalno eksperimentalna istraživanja otvorenog tipa: identifikuje predmet istraživanja, prikuplja relevantne podatke, kreira modele, bira metode istraživanja, te analizira i prezentira rezultate istraživanja.

Računa i analizira mjerne pogreške.

Evaluiraju izbor eksperimentalnih metoda polazeći od procjene nedostataka eksperimentalne postavke i poteškoća u mjerenju.

Predlaže poboljšanja u dizajnu eksperimenta.

Prikuplja i obrađuje podatke koristeći se modernim tehnologijama (npr. software za obradu podataka, digitalna videoanaliza, senzori).

#### FIZ-5.2.1 FIZ-5.2.3

#### A.1.2

Primjenjuje matematički metod u kontekstu fizike.

Izvršava operacije nad vektorima (slaganje, razlaganje, množenje vektora skalarom, skalarni i vektorski proizvod dva vektora) u kontekstu opisivanja i rješavanja fizikalnih problema.

Koristi linearnu i kvadratnu funkciju u kontekstu rješavanja fizikalnih problema.

Rješava aproksimacijske i kontekstualno bogate probleme, te općenito probleme koji zahtijevaju kombinovanje većeg broja relacija.

	Kritički se odnosi prema postavci i rješenju problema, te razlikuje relevantne od irelevantnih informacija.
	Izvodi opći (simbolički) izraz za nepoznatu fizičku veličinu.
FIZ-5.2.1 FIZ-5.2.2	Predlaže vlastite primjere fizikalnih problema.
A.I.3	Objašnjava prirodne pojave, međudjelovanja i procese pozivajući se na osnovne principe fizike i koristeći vokabular fizike.
Primjenjuje komunikacijske vještine u kontekstu fizike.	Koristi raznovrsne tehnologije u sakupljanju, obradi i predstavljanju informacija.
	Tumači i koristi raznovrsne opće (riječi, crteži, grafikoni, tabele, matematički izrazi, makete, simulacije, video-snimci) i oblasno-specifične reprezentacije (dijagrame sila, dijagrame kretanja i energetske dijagrame) fizikalnih sadržaja i procesa.
FIZ-5.1.1 FIZ-5.2.3 FIZ-5.3.2	Izveštava o rezultatima svoga rada na način koji je prikladan karakteristikama ciljne publike, pri čemu je komuniciranje ideja potkrijepljeno čvrstim naučnim argumentima.

## KLJUČNI SADRŽAJI

Svi sadržaji predviđeni za izučavanje u prvom razredu.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Eksperimentalni metod

Svi učestvuju u eksperimentalnim istraživanjima fizikalnih pojava putem demonstracionih ogleda, labaratorijskog ili projektnog rada: Ravnomjerna i promjenjiva kretanja npr. preko senzora pokreta), Provjera drugog Newtonovog zakona, Određivanje ubrzanja Zemljine teže kod slobodnog pada, Mjerenje koeficijenta statičkog i dinamičkog trenja, Provjera zakona održanja energije i impulsa.

Ovu listu potrebno je shvatiti samo kao preporuku, koja može biti i proširena na procjenu nastavnika i koja odražava jedan od mogućih konteksta za razvijanje učeničkih vještina korištenja eksperimentalnog metoda u nastavi fizike za prvi razred gimnazije.

Prilikom izvođenja eksperimenata potrebno je posvetiti posebnu pažnju na sigurnost i podsticati da se izvode eksperimenti sa lako pristupačnim materijalima.

### 2. Matematički metod

Potrebno je insistirati na metodičkom pristupu izradi fizikalnih zadataka: vizualizacija, fizikalna rasprava, kreiranje i implementacija matematičkog plana, kritički osvrt na rješenje zadatka.

Kod zadataka iz mehanike podsticati na korištenje dijagrame sile i dijagrama kretanja. Kod računskih zadataka koristiti znanja o rješavanju sistema jednačina sa više nepoznatih i kvadratnih jednačina. Koristiti znanja iz geometrije za rješavanje zadataka u kontekstu strme ravni.

### 3. Ovladavanje komunikacijskim vještinama u kontekstu fizike

Potrebno je u nastavi, kod uvođenja novih pojmova zahtijevati opis shvatanja pojmova na osnovu jezika svakodnevnice, kako bi se uočile eventualne jezičke miskoncepcije i omogućio proces konceptualne promjene.

Treba insistirati na kombiniranju velikog broja različitih prikaza informacija i na aktivnostima prevođenja jednih prikaza u druge. Također, potrebno je priuštiti brojne prilike za komuniciranje o fizikalnim pojavama

i procesima – bilo da se radi o diskutiranju o ishodima eksperimenta, prezentiranju seminarskog rada ili pisanju pripreme za eksperimentalni rad.

Prilikom komuniciranja ideja o mehaničkim pojavama treba ohrabrivati skiciranje dijagrama kretanja i dijagrama sila.

## ► Srednje ► II.

### Godine učenja i podučavanja predmeta: 5

#### B

#### Mehanika

##### B.II.1

Istražuje i primjenjuje osnovne zakonitosti statike fluida.

Primjenjuje pojam pritiska radi rješavanja kvalitativnih i kvantitativnih problema.

Izvodi izraz za hidrostatički pritisak i silu potiska, kao i uslove plivanja/tonjenja tijela.

Analizira princip rada tečnih manometara.

Primjenjuje Pascalov zakon za objašnjenje rada hidrauličnih mašina (npr. hidraulična presa).

Prikuplja i kritički razmatra informacije o primjenama zakonitosti statike fluida u svakodnevnicima i tehnicima (npr. podmornica, hidraulične kočnice).

FIZ-1.4.1 FIZ-1.4.2

##### B.II.2

Analizira strujanje fluida i kretanje tijela kroz fluid.

Tumači osnovne pojmove dinamike fluida (npr. strujna cijev, strujna linija, protok, dinamički pritisak, visinski pritisak, viskoznost, otpor sredine).

Razlikuje laminarno i turbulentno strujanje.

Povezuje jednačinu kontinuiteta i Bernoullijevu jednačinu sa svojstvom nestišljivosti fluida i teoremom o energiji i radu, respektivno.

Primjenjuje jednačinu kontinuiteta, Bernoullijevu jednačinu i izraze za otpor sredine prilikom rješavanja kvalitativnih i kvantitativnih problema.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama zakonitosti dinamike fluida u svakodnevnicima i tehnicima (npr. vodosnabdijevanje, avioni, izvođenje slobodnog udarca u fudbalu).

FIZ-5.2.1 FIZ-5.2.2 FIZ-5.2.3

#### KLJUČNI SADRŽAJI

Pritisak, Paskalov zakon, hidrostatički pritisak, potisak, Archimedesov zakon, atmosferski pritisak, protok, jednačina kontinuiteta, Bernoullijeva jednačina i viskoznost.

#### PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

O statici fluida prvi put se uči u osmom razredu osnovne škole, primarno na konceptualnom nivou. U gimnazijskoj nastavi se očekuje da znanje o statici fluida bude primjenjeno radi rješavanja nešto složenijih kvalitativnih, kvantitativnih i praktičnih problema, te da se počne učiti i o zakonitostima koje vrijede za strujanje fluida. Međutim, i u gimnaziji se teško prihvata činjenica da pritisak u fluidima djeluje na sve strane podjednako, te se pogrešno vjeruje da je sila potiska veća što je tijelo manje uronjeno u tečnost. Također, prilikom određivanja apsolutnog pritiska, nerijetko se zaboravljaju uvažiti i doprinos atmosferskog pritiska. Kada je u pitanju dinamika fluida, često se zaboravlja da je Bernoullijevu jednačinu jedino dozvoljeno primjenjivati za poređenje pritiska/brzina duž jedne te iste strujne linije.

Preporučuje se uvođenje pritiska kao djelovanja jednog sloja fluida silom po jedinici površine posude ili po jedinici površine drugog sloja fluida). Zatim je kroz misaoni eksperiment (npr. uho na istoj dubini, ali različito orijentirano) potrebno razviti svijest da pritisak djeluje na sve strane podjednako. Nakon demonstriranja i izvođenja izraza za hidrostatički pritisak i silu potiska, treba pripremiti niz prilika za primjenu stečenog znanja.

Kada je u pitanju dinamika fluida, potrebno je naglasiti vezu Bernoullijeve jednačine sa zakonom očuvanja mehaničke energije, te prilikom njenog izvođenja konzistentno razmatrati odnos datog sistema (elementa fluida) i okoline. Ubrzanje fluida kroz uski dio cijevi treba povezati sa II Newtonovim zakonom, tj. sa silom koja u ovom slučaju proističe iz razlike pritiska između šireg i užeg dijela cijevi. Zatim treba insistirati na primjeni Bernoullijeve jednačine u brojnim kontekstima, pri čemu treba obratiti pažnju da se ona isključivo koristi za poređenje brzina/pritiska duž jedne te iste strujne linije. Kada je u pitanju viskoznost, izričito se preporučuje primjena i uvođenje znanja u kontekstu fizike ljudskog organizma.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je ostvariti značajne poveznice sa nastavom Biologije (npr. poređenje krvnog pritiska kod čovjeka i žirafe; opasnost začepljenja krvnih sudova) i Geografije (npr. rijeke).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Moguće je ukazati na potencijalne opasnosti do kojih može doći prilikom ronjenja, ali i prodiskutovati neke druge efekte po zdravlje čovjeka koji su posljedica promjene nadmorske visine. Također, postoji značajan prostor za razvijanje kreativno-produktivne i poduzetničke kompetencije u okviru implementacije projekata (npr. izrada modela podmornice, hidraulične kočnice, sistem vodosnabdijevanja).

## B

### Mehanika

#### B.II.1

#### Istražuje oscilatorno kretanje.

Uspostavlja kvalitativne i kvantitativne veze između harmonijskog oscilovanja i jednolikog kružnog kretanja.

Eksperimentalno istražuje i analizira faktore o kojima ovisi period oscilovanja matematičkog, fizičkog i elastičnog klatna (opruga).

Tumači grafikonski prikaz ovisnosti elongacije o vremenu služeći se terminima koji opisuju oscilatorno kretanje (npr. početna faza, faza, elongacija, amplituda, period, brzina oscilovanja).

Uspoređuje slobodne, prinudne i prigušene oscilacije polazeći od ključnog koncepta energije.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o rezonanciji i njenim primjenama u svakodnevic i tehnicima (npr. građevinska industrija, akustika).

FIZ-4.1.1 FIZ-4.1.2

B.II.2

Istražuje talasno kretanje.

Objašnjava mehanizme nastanka, prostiranja, apsorpcije, odbijanja i prelamanja mehaničkih talasa (npr. u kontekstu talasa na vodi).

Povezuje verbalna, grafička i analitička (talasna funkcija) predstavljanja talasnog kretanja.

Rješava kvalitativne i kvantitativne probleme u kontekstu mehaničkih talasa.

Istražuje i opisuje pojave konstruktivne i destruktivne interferencije, kao i difrakcije mehaničkih talasa (npr. u kontekstu talasa na vodi).

Objašnjava pojavu stojećih talasa u kontekstu talasa koji se prostire kroz užu.

FIZ-4.1.1 FIZ-4.1.2

B.II.3

Primjenjuje znanje o zvučnim talasima u raznovrsnim kontekstima.

Objašnjava mehanizme nastanka, prostiranja, apsorpcije, odbijanja i prelamanja zvučnih talasa, uzimajući u obzir model građe tvari i koncept energije.

Uspoređuje prostiranje zvučnih talasa kroz tečnosti, čvrsta tijela i gasove.

Tumači raznovrsne forme predstavljanja zvučnih talasa radi izvođenja zaključaka o parametrima zvučnog talasa (npr. amplituda, period, talasna dužina, brzina, jačina zvuka).

Rješava kvalitativne i kvantitativne probleme radi određivanja parametara zvučnog talasa.

Skicira i objašnjava nastanak harmonika kod različitih vrsta rezonatora.

Objašnjava pojavu Dopplerovog efekta u akustici.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama akustike u svakodnevnicima i tehnici (npr. princip rada muzičkih instrumenata, prenošenje energije posredstvom talasa kod zemljotresa i cunamija, mjerenje brzine protoka krvi pomoću Dopplerovog efekta).

FIZ-4.1.2

## KLJUČNI SADRŽAJI

Harmonijsko oscilovanje, klatno, energija oscilovanja, prinudne, neprigušene i prigušene oscilacije, rezonancija, postanak i vrste mehaničkih talasa, prijenos energije kod mehaničkih talasa, talasna funkcija, brzina talasa, Huygensov princip, odbijanje i prelamanje talasa, interferencija, difrakcija i polarizacija talasa, superpozicija talasa, stojeći talasi, zvuk, infrazvuk, ultrazvuk, svojstva zvuka, intenzitet zvuka, izvori zvuka, apsorpcija zvuka, Dopplerov efekat, ultrazvuk.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

O oscilacijama i talasima uči se u devetom razredu osnovne škole, pri čemu se upoznaje sa značenjem ovih pojmova i temeljnim veličinama koje karakterišu oscilatorno i talasno kretanje. U gimnaziji se razmatraju dodatne talasne pojave (npr. Dopplerov efekat) i intenzivnije se koristi matematički aparat (npr. računanje jačine zvuka). Mnogo je poteškoća u razumijevanju pojma faze, a razmatranje talasnog kretanja otežano je i zbog same činjenice da se kod talasa radi o funkcijama dvije promjenjive (prostorna i vremenska koordinata). Značajne poteškoće povezane su i sa činjenicom da u ovoj oblasti treba koristiti relativno zahtijevan matematički aparat, tj. trigonometrijske i logaritamske funkcije.

Preporučivo je kod opisa harmonijskog oscilovanja pristupiti egzemplarno, kroz izučavanje oscilovanja tijela na opruzi, kao tipičnog primjera harmonijskog oscilovanja. Preporučuje se istovremeno prikazivati

oscilovanje tijela i iscrtavanje grafikona ovisnosti elongacije u vremenu, te ova predstavljanja kretanja povezati sa formulom za ovisnost elongacije o vremenu. U tom kontekstu moguće je uvesti i pojam faze kao veličine kojom je određeno jedno stanje oscilovanja, a kao uzrok oscilovanja uvesti restitutionu silu. Intenzivno kombiniranje različitih reprezentacija (simulacija, grafikona, riječi i formula) preporučuje se i kod talasnog kretanja. Kako kod oscilatornog, tako i kod talasnog kretanja, prije prelaska na matematičke reprezentacije preporučuje se intenzivna verbalizacija ideja o posmatranom kretanju. Pošto je talasno kretanje funkcija kako vremenske tako i prostorne koordinate, preporučuje se analizirati talas pomoću dvije vrste grafikona: grafikon koji prikazuje ovisnost elongacije o prostornoj koordinati u fiksnom trenutku, te grafikon koji opisuje elongaciju o ovisnosti o vremenu za fiksnu prostornu tačku. Kod zvučnih talasa nužno je skrenuti pažnju na činjenicu da se čestice sredine ne kreću po sinusoidi; sinusoida samo prikazuje oscilacije pritiska u jednoj tački prostora ili vremena. Na primjeru zvučnih talasa moguće je demonstrirati kako talasi prenose energiju. Neke poteškoće proističu iz ustaljenih načina prikazivanja stojećih talasa; tako npr. treba ukazati da kod stojećih zvučnih talasa u cijevima ispunjenim vazduhom čestice ne osciluju poprečno na cijev, kao što se čini iz sinusoida kojom predstavljamo taj talas.

## 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je kreiranje značajnih poveznica sa Biologijom (npr. kako čujemo?), Psihologijom i Muzičkom kulturom (npr. muzikoterapija, princip rada muzičkih instrumenata), te Geografijom (npr. cunami, vjetar). Jako je značajno i ostvarivanje poveznica sa Matematikom (npr. korištenje logaritamskih i trigonometrijskih funkcija u autentičnim kontekstima).

## 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Potrebno je ukazati na opasnosti izlaganja buci, te na mjere zaštite koje je moguće poduzeti u slučaju zemljotresa. Moguće je provesti i projekt radi mjerenja razina buke u svom okruženju, te na taj način razvijati poduzetnost.

# C

## Molekularna fizika i termodinamika

### C.II.1

Istražuje osnovne postavke molekularno-kinetičke teorije.

FIZ-2.1.1 FIZ-2.1.2 FIZ-2.2.1

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o historijskom razvoju molekularno-kinetičke teorije.

Razlikuje pojmove atoma, molekule i mola.

Uspoređuje kretanje, međusobno rastojanje i međudjelovanje molekula kod tvari u različitim agregatnim stanjima.

Uspoređuje pojmove temperature i unutrašnje energije tijela.

Eksperimentalno istražuje i tumači red veličine molekule.

### C.II.2

Analizira molekularne pojave u tečnostima i čvrstim tijelima.

Razlikuje kristalna i amorfna tijela.

Povezuje mehanička svojstva i deformacije tijela sa molekularnim pojavama u čvrstim tijelima.

Primjenjuje Hookeov zakon za različite vrste deformacija čvrstih tijela.

Povezuje pojavu površinskog napona, kvašenja i kapilarnosti sa molekularnim pojavama u tečnostima.

Uspoređuje toplotno širenje čvrstih tijela i tečnosti.

	Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama znanja o molekularnim pojavama u tehnici i svakodnevnicima (npr. značaj kapilarnosti za živu prirodu, značaj toplotnog širenja u građevinarstvu, hidroizolacija).
FIZ-2.1.2 FIZ-2.2.1	
C.II.3 Istražuje molekularne pojave u gasovima.	<p>Uspoređuje molekularne pojave u gasovima, tečnostima i čvrstim tijelima.</p> <p>Tumači statističku raspodjelu brzina čestica gasa.</p> <p>Izvodi relaciju za pritisak gasa na zidove posude.</p> <p>Eksperimentalno istražuje (npr. kroz virtuelni eksperiment) i tumači zakone koji vrijede za izoprocese i adijabatske procese.</p> <p>Primjenjuje različite reprezentacije gasnih zakona (npr. grafikoni ili formule) radi rješavanja fizikalnih problema.</p>
FIZ-2.2.2 FIZ-2.1.2 FIZ-2.2.1	Prikuplja i kritički procjenjuje mogućnosti primjene jednačine stanja idealnog gasa u raznovrsnim kontekstima (npr. disanje kod čovjeka, princip šprice).

## KLJUČNI SADRŽAJI

Građa tvari i osnove molekularno-kinetičke teorije, temperatura, unutrašnja energija i brzine molekula, idealan plin, Avogadrov i Daltonov zakon, pritisak idealnoga plina, opća jednačina stanja idealnoga plina, Maxwelllova raspodjela, izoprocesi, adijabatski proces, termičko širenje tijela, površinske i kapilarne pojave kod tečnosti.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

U osmom razredu osnovne škole prvi put unutar nastave fizike uči se o modelu građe tvari. U gimnazijskoj nastavi očekuje se dodatno produblјivanje znanja o građi tvari (npr. dublje razmatranje međučestičnih veza), te da tako nadograđen model primjene kod razmatranja pojava u čvrstim tijelima, tečnostima i gasovima. Pokazuju se poteškoće sa razumijevanjem pojma mola; nerazumijevanje da prilikom rasprave o količini tvari uvijek moramo specificirati na koju vrstu čestica se odnosi (npr. 1 g vodika sadrži 1 mol atoma vodika, ali 0.5 molova molekula vodika). Osim toga, često se ne razumiju dobro razlike između idealnog i realnog gasa.

Imajući u vidu apstraktnu prirodu ove teme, nužno je najprije predočiti zorne vizuelne modele koji ilustriraju kretanja, rastojanja i međudjelovanje čestica u čvrstim tijelima, tečnostima i gasovima. U tom kontekstu je onda potrebno uvesti temeljne pojmove molekularno-kinetičke teorije i pružiti učenicima priliku da ih koriste u što većem broju situacija. Zatim se tako izgrađen model primjenjuje za objašnjavanje molekularnih pojava u tečnostima (npr. površinski napon), čvrstim tijelima (npr. deformacije) i gasovima (npr. izoprocesi). Kod prikazivanja gasnih procesa preporučivo je objašnjenje konstruirati kroz sljedeće korake: 1) kako je proces moguće ostvariti u laboratoriji; konkretna eksperimentalna postavka 2) objašnjenje procesa pomoću modela građe tvari 3) p-V grafikon

Potrebno je razviti svijest da u posudi sa lako pokretnim klipom, u stanju ravnoteže, pritisak gasa na zidove posude samo ovisi o vanjskom pritisku kojim klip djeluje na gas (npr. uz atmosferski pritisak tu imamo još i pritisak uslijed težine klipa sa utezima).

Molekularne pojave u tečnostima i gasovima pogodne su za demonstriranje oglada sa lako pristupačnim materijalima i virtuelnim ogledima.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije



Moguće je ostvarivanje poveznica sa Biologijom (npr. hodanje insekata po vodi; disanje kod čovjeka; kapilarnost), Geografijom (npr. promjena temperature sa nadmorskom visinom) i Hemijom (npr. površinski napon i sapuni).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Na primjeru historijskog razvoja modela građe tvari moguće je razvijati svijest o naučnim modelima kao kulturnom blagu najvećeg ranga, te o značaju kritičkog razmišljanja i otvorenosti uma za razvoj naučne misli, a time i čovječanstva.

<p>C.II.1 Kombinuje znanje o unutrašnjoj energiji, toploti i radu.</p>	<p>Analizira historijski razvoj termodinamike i uticaj tog razvoja na ljudsko društvo.</p> <p>Identificira različite vidove prijenosa toplotne energije u kontekstu primjera iz svakodnevnice.</p> <p>Eksperimentalno utvrđuje toplotni kapacitet datog tijela.</p> <p>Koristi jednačinu termičke ravnoteže u raznovrsnim kontekstima.</p> <p>Tumači konceptualno značenje I zakona termodinamike.</p>
<p>FIZ-2.2.1 FIZ-2.2.2</p>	<p>Prikuplja i kritički procjenjuje primjene znanja o toplotnim procesima u praksi (npr. termoizolacija i ušteda energije u domaćinstvu, efekat staklene bašte).</p>
<p>C.II.2 Analizira promjene agregatnih stanja.</p>	<p>Objašnjava procese uslijed kojih dolazi do promjene agregatnog stanja tijela.</p> <p>Analizira grafikone koji prikazuju ovisnost temperature o dovedenoj ili odvedenoj količini toplotne energije tokom vremena.</p> <p>Uspoređuje i razlikuje pojmove isparavanja, ključanja i kondenzovanja.</p> <p>Koristi pojmove toplote očvršćavanja, topljenja, isparavanja i kondenziranja u kvalitativnim i kvantitativnim kontekstima.</p> <p>Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o agregatnim prijelazima u svakodnevici i tehnici (npr. proces znojenja, mraz, smog, kruženje vode).</p>
<p>FIZ-2.1.2 FIZ-2.2.1 FIZ-2.2.2</p>	
<p>C.II.3 Kombinuje temeljne zakone termodinamike u raznovrsnim kontekstima.</p>	<p>Razlikuje termodinamička stanja i procese.</p> <p>Kombinuje znanje I i II zakona termodinamike prilikom rješavanja kvalitativnih i kvantitativnih problema.</p> <p>Uspoređuje različite interpretacije pojma entropija.</p> <p>Skicira p-V grafikon na osnovu verbalnog opisa termodinamičkog procesa.</p> <p>Određuje rad gasa (ili nad gasom) analitički ili na osnovu p-V grafikona.</p> <p>Analizira princip rada automobilskih motora, frižidera i klima uređaja, uključujući i veličine koje opisuju njihovu energetska efikasnost.</p>
<p>FIZ-2.2.1 FIZ-2.2.2</p>	
<p>KLJUČNI SADRŽAJI</p>	

Osnovni pojmovi termodinamike, fazni prijelazi. rad plina, količina toplote. specifični toplotni kapacitet, I zakon termodinamike, Carnotov ciklus, II zakon termodinamike, III zakon termodinamike, princip rada toplotnih mašina.

#### PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA



### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

O toplotnim pojavama učilo se u osmom razredu osnovne škole. U gimnaziji se očekuje opis toplotnih pojava služeći se nekim dodatnim veličinama (npr. entropija), teprimjena u složenijim kontekstima (npr. toplotne mašine). Međutim, pokazuje se da je termodinamika jako zahtjevna, jer traži sistemsko i aproksimacijsko razmišljanje, više nego mnoge druge oblasti.

Preporučuje se uvođenje I zakona termodinamike kroz ukazivanje na ograničenja teorema o energiji i radu; ako uz makroskopsku mehaničku energiju uvedemo i unutrašnju energiju, potrebno je uz radnu interakciju uvesti i toplotnu interakciju sistema sa okolinom kao način promjene energije sistema. Pri tome se toplo preporučuje jasno uvesti konvenciju o predznacima; količina rada i toplote se uzimaju sa pozitivnim predznakom ukoliko sistem prima energiju, a inače se uzimaju sa negativnim predznakom. Utvrđivanje znanja o I zakonu termodinamike moguće je izvršiti kroz ponovno razmatranje gasnih procesa, sada iz perspektive ovog zakona. Rad sistema i nad sistemom treba razmotriti analitički, ali obavezno i kroz interpretiranje p-V grafikona.

Treba istaknuti da I zakon termodinamike govori o očuvanju energije, a II zakon termodinamike govori o degradaciji energije do koje dolazi u transformacijama energije koje se dešavaju u toplotnim mašinama. Pojam ciklične toplotne mašine i neophodnost postojanja toplog i hladnog rezervoara moguće je uvesti kroz ogled sa staklenom špricom ispunjenom vazduhom koja se naizmjenično stavlja u vrelu i hladnu vodu i vrši rad nad malim utezima postavljenim na klip. Rad će biti pozitivan samo ukoliko prije vraćanja klipa u početni položaj klip uronimo u hladnu vodu.

Prilikom razmatranja promjene agregatnih stanja poželjno je primijeniti znanje o međučestičnim vezama, te analizirati grafikone ovisnosti temperature o vremenu za veliki broj različitih situacija.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće su poveznice sa Biologijom (npr. hlađenje znojenjem), Hemijom (npr. međučestične veze kod promjene agregatnih stanja), Historijom (npr. društveno-historijske posljedice pojave toplotnih mašina), Geografijom (npr. meteorološke pojave i fizika atmosfere).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Moguće je ostvariti odgojno djelovanje kada je u pitanju razvijanje stavova o efektima razvoja, nauke i tehnologije na ljudsko društvo (ti efekti mogu biti pozitivni, ali u isto vrijeme i negativni). Također, moguće je razvijati svijest o efektu staklene bašte, globalnom otopljanju i načinima čuvanja okoliša (npr. štednja energije). Moguće je razvijati kreativno-produktivnu i poduzetničku kompetenciju kroz implementaciju projekata (npr. razvoj motora na topli vazduh; Stirlingov motor).

## A

### Priroda fizike i naučni metod

#### A.II.1

Primjenjuje eksperimentalni metod u kontekstu fizike.

Provodi samostalno eksperimentalna istraživanja otvorenog tipa: identifikuje predmet istraživanja, prikuplja relevantne podatke, kreira modele, bira metode istraživanja, te analizira i prezentira rezultate istraživanja.

Računa i analizira mjerne pogreške.

Evaluiira izbor eksperimentalnih metoda polazeći od procjene nedostataka eksperimentalne postavke i poteškoća u mjerenju.

Predlaže poboljšanja u dizajnu eksperimenta.

Prikuplja i obrađuje podatke koristeći se modernim tehnologijama (npr. software za obradu podataka, digitalna videoanaliza, senzori).

#### FIZ-5.2.1 FIZ-5.2.3

#### A.II.2

Primjenjuje matematički metod u kontekstu fizike.

Izvršava operacije nad vektorima (slaganje, razlaganje, množenje vektora skalarom, skalarni i vektorski proizvod dva vektora) u kontekstu opisivanja i rješavanja fizikalnih problema.

Koristi i trigonometrijsku funkciju u kontekstu rješavanja fizikalnih problema.

Rješava aproksimacijske i kontekstualno bogate probleme, te općenito probleme koji zahtijevaju kombinovanje većeg broja relacija.

Kritički se odnosi prema postavci i rješenju problema, te razlikuje relevantne od irelevantnih informacija.

Izvodi opći (simbolički) izraz za nepoznatu fizičku veličinu.

Predlaže vlastite primjere fizikalnih problema.

#### FIZ-5.2.1 FIZ-5.2.2

#### A.II.3

Primjenjuje komunikacijske vještine u kontekstu fizike.

Objašnjava prirodne pojave, međudjelovanja i procese pozivajući se na osnovne principe fizike i koristeći vokabular fizike.

Koristi raznovrsne tehnologije u sakupljanju, obradi i predstavljanju informacija.

Tumači i koristi raznovrsne opće (riječi, crteži, grafikoni, tabele, matematički izrazi, makete, simulacije, video-snimci) i oblasno-specifične reprezentacije (dijagrame sila, dijagrame kretanja i energetske dijagrame) fizikalnih sadržaja i procesa.

Izveštava o rezultatima svoga rada na način koji je prikladan karakteristikama ciljne publike, pri čemu je komuniciranje ideja potkrijepljeno čvrstim naučnim argumentima.

#### FIZ-5.1.1 FIZ-5.2.3 FIZ-5.3.2

### KLJUČNI SADRŽAJI

Svi sadržaji predviđeni za izučavanje u drugom razredu.

### PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

#### 1. Eksperimentalni metod

Svi učestvuju u eksperimentalnim istraživanjima i fizičkih pojava putem demonstracionih oglada, labaratorijskog ili projektnog rada: Provjera zakonitosti kod gasnih izoprocesa, Određivanje specifičnoga toplotnog kapaciteta kalorimetrom, Zavisnost perioda matematičkog klatna o dužini klatna, Mjerenje koeficijenta površinskog napona, Određivanje brzine zvuka u vazduhu, Mjerenje frekvencije zvuka – rezonancija vazdušnog stuba u staklenoj cijevi.

Ovu listu potrebno je shvatiti samo kao preporuku, koja može biti i proširena na osnovu procjene nastavnika i koja odražava jedan od od mogućih konteksta za razvijanje učeničkih vještina korištenja eksperimentalnog metoda u nastavi fizike za drugi razred gimnazije.

Prilikom izvođenja eksperimenata iz kalorike potrebno je posvetiti posebnu pažnju na sigurnost eksperimentiranja sa toplotnim izvorima i podsticati izvođenje oglade sa lako pristupačnim materijalima.

#### 2. Matematički metod

Potrebno je insistirati na metodičkom pristupu izradi fizikalnih zadataka: vizualizacija, fizikalna rasprava, kreiranje i implementacija matematičkog plana, kritički osvrt na rješenje zadatka.

Kod zadataka iz mehanike treba podsticati korištenje dijagrama sile i dijagrama kretanja. Matematičko znanje koje se odnosi na rješavanje linearnih i kvadratnih jednačina treba razvijati i u ovom razredu, a također i znanja iz trigonometrije.

### 3. Ovladavanje komunikacijskim vještinama u kontekstu fizike

Potrebno je, u nastavi, kod uvođenja novih pojmova zahtijevati opis tih pojmova jezikom svakodnevnice, kako bi se uočile eventualne jezičke miskoncepcije i omogućio proces konceptualne promjene.

Treba insistirati na kombiniranju velikog broja različitih prikaza informacija i na aktivnostima prevođenja jednih prikaza u druge. Također, potrebno je pripremiti brojne prilike za komuniciranje o fizikalnim pojavama i procesima – bilo da se radi o diskutiranju o ishodima eksperimenta, prezentiranju seminarskog rada ili pisanju pripreme za eksperimentalni rad.

Prilikom komuniciranja ideja o toplotnim pojavama treba ohrabrivati skiciranje p-V dijagrame i energetskih dijagrama.

## ► Srednje ► III.

### Godine učenja i podučavanja predmeta: 6

#### D

#### Elektricitet i magnetizam

##### D.III.1

Primjenjuje znanje o međudjelovanju električnih naboja.

Povezuje razvoj ideja o atomskoj strukturi materije sa razvojem razumijevanja o električnim pojavama.

Opisuje sličnosti i razlike između Coulombovog zakona i Newtonovog zakona gravitacije.

Koristi Coulombov zakon radi rješavanja kvantitativnih i kvalitativnih problema.

Primjenjuje princip superpozicije radi određivanja rezultujuće električne sile u određenoj tački prostora (za sistem tačkastih naboja).

Istražuje primjenu zakonitosti elektrostatike u svakodnevnici (npr. printer, prskalice i sl.).

##### FIZ-3.1.1

##### D.III.2

Primjenjuje pojam električnog polja radi analiziranja pojava i procesa u elektrostatici.

Tumači konceptualno značenje izgleda linija električnog polja, u konkretnim primjerima.

Kombinuje pojmove sile, rada, potencijalne energije, potencijala i/ili napona radi rješavanja kvalitativnih i kvantitativnih zadataka.

Objašnjava ponašanje provodnika i izolatora u električnom polju polazeći od modela o građi tvari.

Primjenjuje znanje o kondenzatorima radi rješavanja kvalitativnih i kvantitativnih problema.

Analizira kretanje naelektrisane čestice u homogenom električnom polju.

##### FIZ-3.3.2

Kritički procjenjuje fizikalne i odgojne aspekte Millikanovog eksperimenta.

## KLJUČNI SADRŽAJI

Elektricitet i atomska struktura tvari, Coulombov zakon, električno polje, jačina električnoga polja, električni potencijal, napon i rad u električnome polju, električni kapacitet, kondenzatori i vezivanje kondenzatora, energija električnoga polja, kretanje naboja u električnome polju, katodna cijev i elektricitet u atmosferi, statički elektricitet kod aparata.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

O elektrostatici se prvi put uči u devetom razredu osnovne škole. U gimnazijskoj nastavi se u nešto većoj mjeri pažnja posvećuje određivanju polja u slučaju većeg broja naelektrisanja, te razmatranju pojava u električnom polju iz perspektive rada i energije. Poteškoće sa učenjem ove oblasti uglavnom su uzrokovane nedostatkom direktnog fizičkog iskustva sa elektrostatickim pojavama. Tako npr. se često smatra da se provodnik može naelektrisati, ali izolator ne. Osim toga, električnu influenciju i polarizaciju dielektrika mnogi objašnjavaju tvrdnjom da sa naelektrisane šipke "naelektrisanje prelazi" na posmatrani provodnik odnosno izolator. Pri tome se naelektrisanje percipira samo po sebi kao objekt umjesto kao svojstvo objekta (npr. elektrona), a pozitivno naelektrisanje se pogrešno pripisuje primanjem protona. Kada je u pitanju Coulombov zakon, mnogi pokušavaju da ga koriste i za tijela proizvoljnog oblika, a što se tiče električnog polja, često ne vide ni svrhu uvođenja tog pojma i smatraju da ga nema u prostoru između linija polja. Osim toga, često smatraju da je jačina električnog polja na jednoj ekvipotencijalnoj liniji svugdje ista.

Preporučivo je prvo pomoći da se razvije mentalni model naboja koji uključuje razumijevanje procesa naelektrisanja, očuvanja naboja i vezu između mikro i makro pojava. Ovaj model se jedino može izgraditi kroz izvođenje ogleđa. Prilikom uvođenja Coulombovog zakona treba naglasiti eksplicitno njegova ograničenja. Dalje, treba uvesti pojam električnog polja pri čemu je preporučivo istaknuti da: polje postoji u svim tačkama prostora; polje postoji neovisno o prisustvu probnog naboja; i pored toga što se vektor jačine električnog polja crta tako da se "prostire kroz prostor", on karakteriše uvijek samo jednu tačku, u kojoj je početak vektora. Kada je u pitanju pojam potencijala, preporučivo ga je uvesti kao svojstvo polja, preko pojma rada. Općenito, treba nastojati izvršiti transfer znanja iz oblasti gravitacionog polja i mehaničke energije, u oblast električnog polja. Treba obezbijediti mogućnost tretiranja pojave polazeći od zakona očuvanja energije. Osim toga, treba u kontekstu ekvipotencijalnih linija ukazati na veze između pojmova potencijala i jačine električnog polja. Preporučivo je ukazati da se razlike potencijala uspostavljaju uvijek zbog razdvajanja naboja, te objasniti kako se to razdvajanje naboja koristi za skladištenje energije kod kondenzatora.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je ostvarivanje poveznica sa Biologijom (npr. membranski potencijal), Geografijom (npr. analogija topografske mape i ekvipotencijalnih linija), Hemijom (npr. vezanost elektrona u atomima različitih materijala) i Matematikom (npr. slaganje vektora).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Pojam polja jedan je od ključnih u fizici i njegovo savladavanje je bitno za vertikalno nadograđivanje znanja u oblasti Fizike. Odgojno se može djelovati kroz upoznavanje sa primjenama elektrostatike u tehnologiji (npr. prečišćivači vazduha) koje mogu unaprijediti kvalitet življenja. Kroz opis Millikanovog eksperimenta moguće je razvijati stav o značaju upornosti za uspjeh.

### D.III.1

Analizira pojavu i efekte protjecanja električne struje u čvrstim tijelima, tečnostima i gasovima.

Uspoređuje uvjete potrebne za protjecanje prelazne i stalne struje.

Uspoređuje modele vođenja električne struje kroz čvrsta tijela, tečnosti i gasove.

Povezuje jačinu struje kroz tvar sa brzinom drifta nosioca naboja.

Tumači svojstvo otpornosti i njegovu vezu sa temperaturom polazeći od modela građe tvari.

Uspoređuje efekte protjecanja električne struje u tečnostima, gasovima i čvrstim tijelima.

Objašnjava pojavu munje, te nudi odgovarajuće preporuke koje se tiču zaštite ličnog zdravlja i električnih uređaja.

### FIZ-3.2.1

### D.III.2

Sastavlja i istražuje strujna kola istosmjerne struje.

Sastavlja složeno strujno kolo u skladu sa zadanom shemom ili crta shemu prema zadanom složenom kolu.

Analizira pretvaranje energije u unutrašnjem i vanjskom dijelu kola služeći se modelom građe tvari.

Eksperimentalno istražuje i opisuje naponsko-strujnu karakteristiku provodnika.

Koristi Ohmov i Joule-Lenzov zakon, te Kirchhoffova pravila i Faradayeve zakone elektrolize radi rješavanja kvalitativnih i kvantitativnih problema i određivanja vrijednosti fizikalnih veličina u složenom strujnom kolu.

Prikuplja i kritički procjenjuje primjene strujnih kola istosmjerne struje u raznovrsnim kontekstima.

### FIZ-3.2.2

### D.III.3

Objašnjava svojstva poluprovodnika i analizira različite vidove primjene poluprovodnika u praksi.

Identificira sličnosti i razlike između poluprovodnika, provodnika i izolatora, polazeći od modela građe tvari.

Razlikuje pojmove sopstvene provodnosti, n-provodnosti i p-provodnosti

Analizira princip rada poluprovodničke diode, tranzistora i pojačala.

Objašnjava efekte zagrijavanja i promjene osvijetljenosti poluprovodničke diode.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o raznovrsnim primjenama poluprovodnika u svakodnevnicima i tehnicima (npr. zaštita uređaja, LED, protuprovalni alarm, mjerenje temperature i intenziteta svjetlosti).

## KLJUČNI SADRŽAJI

Istosmjerna struja, električni strujni krug i električni otpor, otpornici, paralelno i serijsko vezivanje otpornika, Ohmov zakon (jednostavni i složeni strujni krugovi), Kirchhoffova pravila, rad, snaga i energija električne struje, električna struja u tekućinama i plinovima, poluvodiči i poluvodički elementi.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

U devetom razredu osnovne škole uči se o istosmjernoj električnoj struji. U gimnaziji se očekuje da se u većoj mjeri uči o protjecanju električne struje kroz tečnosti, gasove i poluprovodnike. Međutim, i u gimnaziji se često ispoljavaju miskonceptije o električnoj struji; npr. mnogi vjeruju da je baterija izvor elektrona i da jedna te ista baterija “daje” uvijek istu jačinu struje, bez obzira na kakvo kolo se spoji. Osim toga, često se vjeruje da se jačina struje troši prilikom protjecanja kroz uređaje, te vjeruju da lokalne modifikacije kola ne utječu na ostatak kola.

Preporučuje se prvo na primjeru jednostavnog kola dodatno utvrditi i produbiti znanje o temeljnim veličinama kao što su jačina struje, napon i električni otpor. Potrebno je nadovezati se na znanje elektrostatike, te npr. pokazati da kod pražnjenja kondenzatora nastaje prelazna struja. Nakon toga moguće je nadovezati se i na ideju da je za postojanje razlike potencijala nužno razdvajanje naboja, što nam služi kao polazna osnova za uvođenje pojma baterije. Nakon toga se iz perspektive transformacija energije može analizirati funkcioniranje jednostavnog kola, i miskonceptija o trošenju jačine struje se može prevazići koncepcijom o “trošenjem, tj. degradaciji” energije. Kod razmatranja složenijih kola treba razvijati svijest da se shema jednog te istog kola može crtati različito (npr. kod paralelne veze otpornika, otpornici ne moraju biti prikazani paralelno jedan drugome). Radi funkcionalnosti znanja u praksi bitno je tumačiti i pojam električne snage, npr. značenje da je snaga sijalice 100 W.

Za efikasno učenje ove oblasti, a posebno za učenje o poluprovodnicima, od ključnog je značaja da učenici prethodno uče o hemijskim vezama u čvrstim tijelima, energiji jonizacije i molekularno-kinetičkoj teoriji.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Radi boljeg razumijevanja protjecanja električne struje kroz različite materijale, od ključnog je značaja kreirati poveznice sa modelom građe tvari koji se između ostalog razvija i kroz predmet Hemija. Također je moguće kreirati poveznice i sa predmetom Historija (npr. utjecaj izuma u oblasti električne struje na razvoj društva).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Moguće je razvijati tjelesno-zdravstvenu kompetenciju kroz razvijanje znanja o zaštiti od udara munje. Osim toga, moguće je razvijati i svijest o utjecaju razvoja znanja o električnoj struji na društveni razvoj. Tematika električnih auta može poslužiti za diskusiju o mogućnostima zaštite okoliša.

#### D.III.1

Istražuje svojstva stalnih magneta i karakteristike magnetnog polja.

Tumači pojam elementarnog magneta, polazeći od znanja o građi tvari.

Istražuje i opisuje magnetno polje Zemlje.

Uspoređuje magnetno i električno polje ukazujući na njihovu vektorsku prirodu.

Analizira razlike između dijamagnetika, paramagnetika i feromagnetika.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama znanja o magnetizmu u svakodnevnicima i tehnicima (npr. polarna svjetlost, orijentacija kod pojedinih životinjskih vrsta).

FIZ-3.3.3

<p>D.III.2</p> <p>Primjenjuje znanje o magnetnim efektima električne struje i djelovanju magnetnog polja na naboj u kretanju.</p>	<p>Uspoređuje magnetno polje pravolinijskog provodnika, kružnog provodnika i solenoida.</p> <p>Predviđa način kretanja naelektrisanih čestica u magnetnom polju.</p> <p>Uspoređuje Lorentzovu i Ampereovu silu.</p> <p>Rješava kvalitativne i kvantitativne probleme koji se odnose na magnetno polje električne struje i djelovanje magnetnog polja na naboj u kretanju.</p> <p>Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o mogućnostima primjene znanja o elektromagnetizmu u praksi (npr. elektromagnetne dizalice, ciklotron, elektromotor).</p>
<p>FIZ-3.3.2</p>	<p>Eksperimentalno istražuje i opisuje različite načine mijenjanja magnetnog fluksa kroz provodnik koji rezultiraju pojavom elektromagnetne indukcije.</p> <p>Tumači pojavu elektromagnetne indukcije na mikroskopskom nivou (razdvajanje naboja u provodniku).</p> <p>Razlikuje međusobnu indukciju i samoindukciju.</p> <p>Koristi Faradayev i Lenzov zakon radi rješavanja kvalitativnih i kvantitativnih problema.</p> <p>Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama elektromagnetne indukcije u praksi (npr. indukciona peć).</p>
<p>D.III.3</p> <p>Istražuje pojavu elektromagnetne indukcije i mogućnosti njene primjene u praksi.</p> <p>FIZ-1.3.3</p>	

## KLJUČNI SADRŽAJI

Magnetna svojstva na nivou atoma, veličine koje karakterišu magnetno polje, elementarni magneti, Oerstedov ogled, magnetno polje provodnika sa strujom (pravolinijski i kružni provodnik, zavojnica), djelovanje magnetskoga polja na provodnike sa strujom i uzajamno djelovanje strujnih provodnika, princip rada galvanometra, ampermetra i voltmetra, odnosi jačina gravitacionog, električnog i magnetnog polja, kretanje naboja u magnetnom polju, elektromagnetna indukcija, Faradayev zakon, Lenzovo pravilo, samoindukcija i uzajamna indukcija.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

U osnovnoj školi učilo se o magnetizmu u devetom razredu. U gimnazijskoj nastavi produbiti znanje o ponašanju tvari u magnetskom polju, te pomoću kompleksnijeg matematičkog aparata izučavati magnetske pojave. Međutim, pokazuju se miskoncepcije o magnetizmu i u gimnaziji; npr. često vjerovanje da negativno naelektrisana šipka privlači sjeverni pol magneta, a odbija južni. Kada je u pitanju elektromagnetna indukcija, najveća poteškoća ogleda se u čestom miješaju magnetskog fluksa i promjene fluksa.

Preporučuje se najprije u kontekstu stalnih magneta uvesti pojam magnetskog polja, pri čemu će probni naboj iz elektrike zamijeniti magnetna igla kao indikator jačine i smjera magnetskog polja u određenoj tački prostora. Na osnovu činjenice da se i u prostoru oko provodnika dešava otklon magnetne igle, moguće je povezati magnetizam stalnih magneta i elektromagneta. Tu vezu moguće je dalje razvijati kroz razmatranje sila kojima neko vanjsko magnetno polje djeluje na okvir sa strujom, na sličan način kao što bi djelovalo i na stalni magnet. Kada je u pitanju elektromagnetna indukcija, snažno se preporučuje demonstriranje što većeg broja različitih situacija koje dovode do induciranja elektromotorne sile, ali i onih situacija koje suprotno očekivanjima ne dovode do elektromagnetne indukcije. Ogled u kojem se ispituje međudjelovanje solenoida sa strujom i aluminijskog prstena okačenog uz otvor solenoida, nudi plodotvoran kontekst za



uvođenje Lenzovog zakona i utvrđivanje znanja o elektromagnetnoj indukciji. Kao i kod mehaničkih i toplotnih mašina, i ovdje se preporučuje razmatranje stepena korisnog djelovanja električnih mašina.

## 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće su poveznice sa Hemijom (npr. karakteristike materijala i podjela na feromagnete, paramagnete i dijamagnete), Biologijom (npr. transkranijalna magnetska simulacija mozga) i Geografijom (npr. magnetno polje Zemlje i navigacijski uređaji).

## 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Razmatranje stepena korisnog djelovanja električnih uređaja može da omogući odgojno djelovanje usmjereno ka efikasnijoj i štednjoj energije. Poduzetnost i kreativno-produktivna kompetencija se može razvijati kroz implementiranje projekta iz oblasti elektromagnetizma (npr. izrada modela elektromotora).

D.III.1 Analizira kola naizmjenične struje i njihovu primjenu u praksi.	<p>Analizira konceptualne razlike između istosmjerne i naizmjenične struje, uključujući i mehanizme njihovog dobijanja.</p> <p>Tumači značenje frekvencije i efektivne vrijednosti naizmjenične struje.</p> <p>Izvodi zaključke o naizmjeničnoj struji na osnovu datih grafikona (npr. tumači ovisnost trenutne jačine struje o vremenu).</p> <p>Analizira konceptualne razlike između termogenog, kapacitivnog i induktivnog otpora.</p> <p>Analizira konceptualne razlike između aktivne, reaktivne i prividne snage.</p> <p>Koristi znanje o strujnim kolima naizmjenične struje radi rješavanja kvalitativnih, kvantitativnih i eksperimentalnih problema.</p> <p>Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o naizmjeničnoj struji u kontekstu svakodnevnice, medicine i tehnike (npr. sistem prijenosa električne energije, opasnosti koje prijete od istosmjerne i naizmjenične struje).</p>
--	---

FIZ-4.2.1

D.III.2 Uspostavlja veze između elektromagnetnih oscilacija i talasa, te kritički procjenjuje primjene elektromagnetskih talasa u svakodnevnici.	<p>Analizira pretvaranje energije u električnom oscilatornom kolu.</p> <p>Povezuje generiranje elektromagnetnih talasa sa ubrzavanjem naboja (npr. kod otvorenog oscilatornog kola).</p> <p>Povezuje grafikonsku i analitičku reprezentaciju ravnog elektromagnetnog talasa.</p> <p>Opisuje ovisnost brzine prostiranja elektromagnetnih talasa o električnim i magnetnim svojstvima sredine.</p> <p>Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama elektromagnetnih talasa u praksi (npr. mikrovalna pećnica, rendgenski snimak, prijenos informacija na daljinu).</p> <p>Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o problemu elektromagnetnog zagađenja i utjecaju istog na čovjekovo zdravlje.</p>
---	--

FIZ-1.3.6

## KLJUČNI SADRŽAJI

Dobivanje i svojstva naizmjenične struje, efektivne vrijednosti struje i napona, otpori u kolu naizmjenične struje, snaga naizmjenične struje, transformatori i generatori, prijenos električne energije, zatvoreni i otvoreni električni titrajni krug, Thomsonova formula, elektromagnetski talasi i spektar elektromagnetskih talasa.



## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

Kada su u pitanju elektromagnetni talasi i naizmjenična struja, u osnovnoškolskoj nastavi fizike stečeno je samo osnovno znanje o karakteristikama elektromagnetnog spektra. U gimnaziji se očekuje produblјivanje razumijevanja pojma elektromagnetnog talasa, načina njihovog nastajanja i njihovih karakteristika. Osim toga, očekuje se razvijanje razumijevanja o kolima naizmjenične struje. Kada su u pitanju miskoncepcije, one su slične kao kod kola istosmjerne struje, a kada je u pitanju elektromagnetni talas, mnogi vjeruju da je ravni elektromagnetni talas prostorno ograničen sinusoidom koja služi za njegovo predstavlјanje.

Unutar ove tematske cjeline preporučuje se pojam naizmjenične struje i ključne veličine koje ga opisuju uvesti najprije u kontekstu jednostavnog kola koje uključuje samo termogeni otpor. Zatim se može uvesti pojam transformatora, te istaknuti značaj transformatora za sistem snabdijevanja električnom energijom. U nastavku se preporučuje razmatranje električnih kola u kontekstu domaćinstva, kao i tematika zaštite od strujnog udara i pružanja pomoći unesrećenom; u tom kontekstu se može kreirati poveznica između naizmjenične struje i istosmjerne struje koja se u konačnici koristi kod većeg broja uređaja (npr. kod računara). Najzad, preporučivo je pažnju posvetiti konceptualnom značenju kapacitivnog i induktivnog otpora, prije nego pređemo na razmatranje oscilatornih kola. Kod razmatranja oscilatornog kola, savjetuje se korištenje analogije sa mehaničkim oscilacijama i prikazivanje simulacije procesa koji se dešavaju u oscilatornom kolu. Poželјno je razmotriti kvalitativno i kvantitativno primjenu oscilatornih kola (npr. kod radio prijemnika). Induciranje magnetnog polja uslijed promjene električnog, i obratno, upravo je u srži generiranja elektromagnetnih talasa. Ovu činjenicu je potrebno zorno ilustrirati kroz simulaciju ili misaoni eksperiment. Potrebno je posebno obratiti pažnju na korektan način tumačenja ilustracije ravnog elektromagnetnog talasa.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je kreiranje poveznice sa Biologijom (npr. biološki efekti električne struje) i Matematikom (npr. trigonometrijske funkcije).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Moguće je značajno odgojno djelovanje po pitanju prevencije i zaštite od strujnog udara, kao i osnova pružanja pomoći unesrećenom. Također je moguće razvijati i svijest o karakteristikama različitih vrsta elektromagnetnog zračenja i njihovom utjecaju na živu prirodu. U tom smislu se može razvijati kreativno-produktivna kompetencija i tjelesno-zdravstvena kompetencija kroz projekt o pojavi elektromagnetskog zagađenja.

## A

### Priroda fizike i naučni metod

#### A.III.1

Primjenjuje eksperimentalni metod u kontekstu fizike.

Provodi samostalno eksperimentalna istraživanja otvorenog tipa: identifikuje predmet istraživanja, postavlja istraživačko pitanje i hipotezu, prikuplja relevantne podatke, bira metode istraživanja, kreira modele, te prezentira i analizira rezultate istraživanja.

Računa i analizira mjerne pogreške uz prijedloge eliminisanja istih.

Evaluiru izbor eksperimentalnih metoda polazeći od procjene nedostataka eksperimentalne postavke i poteškoća u mjerenju.

Predlaže poboljšanja u dizajnu eksperimenta.

Prikuplja i obrađuje podatke koristeći se modernim tehnologijama (npr. software za obradu podataka, digitalna videoanaliza, senzori).

FIZ-5.2.1 FIZ-5.2.3

A.III.2

Primjenjuje matematički metod u kontekstu fizike.

Izvršava operacije nad vektorima (slaganje, razlaganje, skalarni i vektorski proizvod) u kontekstu opisivanja i rješavanja fizikalnih problema.

Koristi eksponencijalnu, logaritamsku i trigonometrijsku funkciju u kontekstu rješavanja fizikalnih problema.

Rješava aproksimacijske i kontekstualno bogate probleme, te općenito probleme koji zahtijevaju kombinovanje većeg broja relacija.

Kritički se odnosi prema postavci i rješenju problema, te razlikuje relevantne od irelevantnih informacija.

Izvodi opći (simbolički) izraz za nepoznatu fizičku veličinu.

Predlaže vlastite primjere fizikalnih problema.

FIZ-5.2.1 FIZ-5.2.2

A.III.3

Primjenjuje komunikacijske vještine u kontekstu fizike.

Objašnjava prirodne pojave, međudjelovanja i procese pozivajući se na osnovne principe fizike i koristeći vokabular fizike.

Diskutuje i evaluira određena naučna rješenja u specifičnim primjenama (korist za društvo, ekonomiju, politiku, ekologiju i sl)

Koristi raznovrsne tehnologije u sakupljanju, obradi i predstavljanju informacija.

Tumači i koristi raznovrsne metode izražavanja (riječi, crteži, grafikoni, tabele, matematički izrazi, makete, simulacije, videosnimci) i oblasno-specifične reprezentacije (sheme električnih krugova, fazorski dijagrami) fizikalnih sadržaja i procesa.

Izveštava o rezultatima svoga rada na način koji je prikladan karakteristikama ciljne publike, Uz adekvatnu naučnu argumentaciju.

FIZ-5.1.1 FIZ-5.2.3 FIZ-5.3.2

Kod kreiranja pisanih radova, na prikladan način citira i popisuje izvore informacija.

## KLJUČNI SADRŽAJI

Svi sadržaji predviđeni za izučavanje u trećeg razredu.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Eksperimentalni metod

Samostalno, u tandemu ili grupi preporučuje se učešće u eksperimentalnom istraživanju fizikalnih pojava putem demonstracionih oglada, laboratorijskog ili projektnog rada: Istraživanje zavisnosti električnog otpora od vrste materijala, površine poprečnog presjeka i dužine provodnika, Istraživanje strujno-naponske karakteristike sijalice, Provjera Joullvog zakona, Određivanje unutrašnjeg otpora izvora, Provjera Kirchoffovih pravila, Istraživanje uticaja permanentnog magneta na različite materijale, Istraživanje magnetnog polja zavojnice.

Ovu listu potrebno je shvatiti samo kao preporuku koja odražava jedan od mogućih konteksta za razvijanje vještina korištenja eksperimentalnog metoda u nastavi fizike za treći razred gimnazije.

Prilikom izvođenja eksperimenata sa električnom strujom potrebno je posvetiti posebnu pažnju na sigurnost i zaštitu od strujnog udara i podsticati izvođenje oglada sa lako pristupačnim materijalima.

## 2. Matematički metod

Potrebno je insistirati na metodičkom pristupu izradi fizikalnih zadataka: vizualizacija, fizikalna rasprava, kreiranje i implementacija matematičkog plana, kritički osvrt na rješenje zadatka.

Osim toga treba koristiti znanja iz trigonometrije i znanja o kompleksnim brojevima prilikom učenja o izmjeničnoj struji.

## 3. Ovladavanje komunikacijskim vještinama u kontekstu fizike

Potrebno je kod uvođenja novih pojmova u nastavi, zahtijevati da opis shvatanja pojmova na osnovu jezika svakodnevnice, kako bi se uočile eventualne jezičke miskoncepcije i omogućio proces konceptualne promjene.

Potrebno je insistirati na kombiniranju velikog broja različitih prikaza informacija i na aktivnostima prevođenja jednih prikaza u druge. Također, potrebno je priuštiti brojne prilike za komuniciranje o fizikalnim pojavama i procesima – bilo da se radi o diskutovanju o ishodima eksperimenta, prezentiranju seminarskog rada ili pisanju pripreme za eksperimentalni rad. Komunikacijske vještine se mogu dodatno razvijati u kontekstu interpretiranja shema električnih krugova.

### ► Srednje ► IV.

### Godine učenja i podučavanja predmeta: 7

## E

### Optika i moderna fizika

#### E.IV.1

Analizira razvoj ideja o prirodi svjetlosti i primjenjuje temeljne zakone fotometrije.

Analizira historijski razvoj ideja o prirodi svjetlosti i njihov značaj za razvoj moderne slike svijeta.

Uspoređuje pojmove svjetlosnog fluksa, jačine svjetlosti i osvjetljenosti.

Rješava kvantitativne i kvalitativne probleme u oblasti fotometrije.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o rasvjeti u enterijerima i eksterijerima radi postizanja optimalne osvjetljenosti i maksimalne uštede energije.

#### FIZ-4.2.1 FIZ-4.2.2

#### E.IV.2

Istražuje temeljne zakonitosti i pojave iz oblasti geometrijske optike.

Eksperimentalno istražuje i tumači temeljne zakone geometrijske optike.

Grafički predstavlja uz objašnjavanje prirodne pojave primjenjujući zakone geometrijske optike.

Rješava kvalitativne i kvantitativne probleme služeći se znanjem o prostiranju, odbijanju i prelamanju svjetlosti.

Izvodi zaključke o preslikavanju predmeta služeći se analitičkim i grafičkim predstavljajima (npr. preslikavanje na ogledalima i sočivima, tamna komora, preslikavanje uslijed prelamanja na ravnoj površini).

Analizira princip rada optičkih instrumenata.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama geometrijske optike u raznovrsnim autentičnim kontekstima (npr. optički kablovi, korekcije oštećenja vida, periskop).

FIZ-4.2.2

## KLJUČNI SADRŽAJI

Priroda svjetlosti, primjena fotometrije u svrhu uštede energije, zakoni geometrijske optike. ogledala, sočiva, totalna refleksija, razlaganje svjetlosti, Huygens-ov princip, optički instrumenti.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

U devetom razredu osnovne škole uči se o geometrijskoj optici. U gimnazijskoj nastavi se određene pojave, poput prelamanja svjetlosti izučavaju polazeći od kompleksnijeg matematičkog aparata. Ovdje je prvi susret sa osnovama fotometrije. Mnogi ne uspijevaju povezati svjetlost sa prenošenjem energije. Također, nerijetko viđenje objekata jednostavno “objašnjavaju” činjenicom da su i oko i objekt uronjeni u isto “svjetlosno more”.

Kada je u pitanju fotometrija, preporučivo je pojmove uvoditi u autentičnim kontekstima ostvarivanja optimalne osvjetljenosti u svojoj radnoj sobi, te osvjetljenosti planete Zemlje i smjeni godišnjih doba. Kada je u pitanju izvođenje temeljnih zakonitosti fotometrije, poželjan je eksperimentalni pristup koji može biti zasnovan na korištenju fotoćelija. Kod Lambertovog kosinusnog zakona bitno je istaknuti i njegova ograničenja (npr. u slučaju izvora koji nisu tačkasti). Oblast geometrijske optike moguće je obraditi u velikoj mjeri kroz izvođenje ogleđa sa lako pristupačnim materijalima. Pri tome je jako bitno dobro usvojiti model svjetlosne zrake i naučiti ga primjenjivati u raznovrsnim kontekstima (npr. za objašnjenje viđenja objekata). Kroz objašnjavanje prirodnih pojava, poput duge i prividne dubine jezera, te optičkih iluzija, koristiti dodatni motiv. Preslikavanje na optičkim elementima treba obraditi sistemski, ukazujući na sličnosti i razlike između pojedinih elemenata. Potrebno je istaknuti da od jedne tačke predmeta u općem slučaju polazi beskonačno mnogo zraka, ali iz praktičnih razloga pratimo samo karakteristične.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je kreiranje poveznica sa Biologijom (npr. ljudsko oko i otklanjanje nedostataka oka sočivima; princip funkcioniranja mikroskopa), sa Informatikom (npr. prenos informacija optičkim kablovima) i Matematikom (npr. trigonometrija i geometrija).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Unutar ove tematske cjeline treba skrenuti pažnju na značaj dobre osvjetljenosti radnog prostora za zdravlje čovjeka. Također, poželjno je skrenuti pažnju na pravovremeno dijagnosticiranje problema sa vidom i modernim mogućnostima otklanjanja tih problema. Kreativno-produktivnu kompetenciju moguće je razvijati kroz implementiranje projekta (npr. kreiranje modela teleskopa).

E.IV.1

Istražuje i opisuje pojave interferencije i difrakcije svjetlosti.

Eksperimentalno istražuje i opisuje pojave interferencije i difrakcije svjetlosti.

Objašnjava značaj vremenske i prostorne koherentnosti svjetlosnih talasa za nastanak interferencijske/difrakcijske slike.

Objašnjava razlike u izgledu slika koje dobijemo interferencijom/difrakcijom svjetlosti na jednoj i dvije jako uske pukotine (Youngov eksperiment) kao i na optičkoj mrežici.

Vrši slaganje manjeg broja svjetlosnih talasa korištenjem fazorskih dijagrama, a na osnovu informacije o putnoj/faznoj razlici talasa.

Rješava kvalitativne i kvantitativne probleme u oblasti talasne optike.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama znanja o interferenciji i difrakciji svjetlosti u svakodnevnicima i tehnicima (npr. rezolucija optičkih instrumenata, razlaganje svjetlosti na CD-u, holografija, interferometrija).

FIZ-4.2.2

E.IV.2

Istražuje i opisuje pojave rasijanja i polarizacije svjetlosti.

Eksperimentalno istražuje i kvalitativno opisuje pojavu rasijanja svjetlosti.

Razlikuje nasumično (prirodnu), linearno i djelimično polarizovanu svjetlost.

Istražuje i opisuje različite načine dobivanja polarizovane svjetlosti.

Primjenjuje Malusov zakon u kvalitativnim i kvantitativnim kontekstima.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o rasijanju i polarizaciji svjetlosti u kontekstu svakodnevnice i tehnike (npr. objašnjenje plavetnila neba, polarizirane sunčane naočale).

FIZ-4.2.2

## KLJUČNI SADRŽAJI

Interferencija svjetlosti, difrakcija svjetlosti, rasijanje svjetlosti, polarizacija svjetlosti i holografija.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

Kada je u pitanju talasna optika, u osnovnoj školi je stečeno činjenično znanje da svjetlost predstavlja elektromagnetni talas. U gimnazijskoj nastavi dublje je upoznavanje sa pojavama koje proističu iz talasne prirode svjetlosti. Pokazuje se da je izrazito zahtijevno razmišljati o pojavama talasne optike; često se miješaju talasni model i model zrake (npr. predodžba da širenjem pukotine uvijek dolazi do širenja difrakcijskih maksimuma) i postoje poteškoće za simultano razmišljanje o prostornom i vremenskom aspektu talasa.

Zornost nastave se može obezbijediti kroz korištenje analogije sa talasima na vodi i odgovarajućih simulacija. Bitno je istaknuti da kod idealnog Youngovog eksperimenta svaka od pukotina predstavlja izvor samo jednog sekundarnog talasa, te da u svakoj tački zaslona imamo slaganje samo dva talasa. Samo slaganje poželjno je skicirati pomoću fazora (vektora čija dužina predstavlja amplitudu talasa; ugao između dva fazora odgovara faznoj razlici talasa). Tako se lijepo može objasniti kontinuirana raspodjela intenziteta svjetlosti duž zaslona kod Youngovog eksperimenta. Kod obrade difrakcije na jednoj pukotini treba istaknuti da sada imamo nešto širu pukotinu nego kod idealnog Youngovog eksperimenta, tj. beskonačno mnogo sekundarnih talasa iz svake pukotine. Ako su sekundarni talasi koji polaze od rubova pukotine u nekoj tački zaslona u fazi, onda zbog činjenice da imamo još beskonačno mnogo sekundarnih talasa u istoj tački zaslona (koji dolaze iz ostalih tačaka pukotine i imaju faze koje su između faza rubnih sekundarnih talasa), u datoj tački zaslona umjesto maksimuma uočavamo minimum. Obavezno je pojavu maksimuma i minimuma potrebno prokomentarisati i iz perspektive zakona očuvanja energije. Razmišljanje o polarizaciji svjetlosti zahtijeva znatan nivo vizuospcijalnih sposobnosti, te se snažno preporučuje korištenje simulacija i 3d prikaza.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće su korelacije sa Biologijom (npr. rezolucija kod mikroskopa), Informatikom (npr. zapis informacije na DVD-u), Tjelesnim odgojem (npr. polarizirane naočale kod skijaša) i Hemijom (npr. određivanje koncentracije supstanci na osnovu njihove optičke aktivnosti).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Na primjeru historijskog razvoja ideje o prirodi svjetlosti moguće je razvijati svijest o značaju argumentacije potkrijepljene dokazima. Oblast talasne optike svoj značaj naročito crpi iz činjenice da predstavlja plodotvoran kontekst za razvoj razumijevanja o jednom od ključnih fizikalnih koncepata, konceptu talasa. Time se daje znatan doprinos razvoju prirodoznanstvene pismenosti.

#### E.IV.1

Analizira misaone eksperimente i pojave koje uključuju kretanja tijela brzinama bliskim brzini svjetlosti.

Analizira historijski kontekst u kojem je došlo do razvoja specijalne teorije relativnosti.

Opisuje eksperimentalne dokaze specijalne teorije relativnosti.

Tumači Einsteinove misaone eksperimente kojim se zorno ilustruju posljedice specijalne teorije relativnosti (npr. kontrakcija dužine i dilatacije vremena).

Rješava kvantitativne i kvalitativne probleme vezane za pojave iz oblasti specijalne teorije relativnosti (npr. kontrakcija dužine, dilatacija vremena, relativnost istovremenosti, ekvivalentnost energije i mase).

Objašnjava vezu mase i energije u specijalnoj teoriji relativnosti, kao i odgovarajuće implikacije za rješavanje energetskih problema čovječanstva.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o posljedicama i primjenama specijalne teorije relativnosti u raznovrsnim kontekstima (npr. televizor sa katodnom cijevi, radarska kamera).

#### FIZ-4.2.3

#### E.IV.2

Analizira međuovisnost gravitacije, prostora i vremena.

Tumači princip ekvivalencije inertne i gravitacione mase.

Demonstrira i objašnjava kako masa zakrivljuje prostor.

Opisuje astronomska zapažanja koja idu u prilog tezi o zakrivljenom prostoru (npr. gravitacijske leće).

Uspostavlja veze i odnose između pojmova gravitacije, prostora i vremena.

Prikuplja i procjenjuje informacije o posljedicama i primjenama opće relativnosti u raznovrsnim kontekstima ( gravitacioni talasi, crne rupe, GPS).

#### FIZ-4.2.3

### KLJUČNI SADRŽAJI

Galileijeva relativnost, brzina svjetlosti, Einsteinovi principi relativnosti, posljedice specijalne relativnosti, relativističke veličine u STR, opšta relativnost, granice primjenjivosti klasične mehanike.

### PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

#### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

Relativnost je tema o kojoj se gotovo uopšte nije učilo tokom osnovnoškolskog obrazovanja. Imajući u vidu činjenicu da je ova oblast u svojoj srži jako kontraintuitivna, kao i da se u njoj koristi relativno složen matematički aparat, ne iznenađuje veliki broj poteškoća u učenju ove oblasti. Mnogi nastavi relativnosti pristupaju sa uvjerenjem da su referentni sistemi konačne veličine, te da je kretanje apsolutna kategorija koja nije vezana za neki konkretni referentni sistem; učenici misle da postoji “pravo” i “prividno” kretanje. Često misle da je percepcija događaja ono što je bitno, umjesto da akcent stave na dešavanje događaja.

Bitno je u nastavi specijalne teorije relativnosti osigurati razumijevanje temeljnih pojmova poput referentnog sistema, događaja, posmatrača (bolje: eksperimentatora) i istovremenosti. Potrebno je najprije istaknuti da je referentni sistem prostorno neograničen. Svi eksperimentatori koji miruju jedni u odnosu na druge dio su istog sistema i slažu se o prostornovremenskim koordinatama nekog događaja. Kako bi se od

subjektivnog percipiranja nekog događaja došlo do objektivnije informacije o prostornovremenskoj koordinati događaja, nužno je uvažiti vrijeme prostiranja svjetlosnog talasa. Eksperimentatori koji se nalaze u različitim sistemima referencije će se općenito razlikovati po pitanju zaključaka o poziciji i brzini kretanja nekog objekta. Preporučuje se pojam istovremenosti eksplicitno definisati kroz neki jednostavni misaoni eksperiment (npr. dva sata smještena na jednako rastojanje od tačke iz koje se emituje svjetlosni talas). Kada je u pitanju opšta teorija relativnost najbitnije je razviti ideju da materija zakrivljuje prostor, a prostor određuje kretanje materije. Ova ideja se može zorno prikazati pomoću eksperimenata sa elastičnom membranom i kuglicama.

## 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je kreiranje poveznica sa predmetom Geografija (npr. GPS).

## 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

U okviru ove tematske cjeline moguće je ukazati na subjektivnost čulnog percipiranja, te pomoći u razvijanju stava da je dublja istina često skrivena ispod površine svakodnevne intuicije. Polazeći od ove ideje naučnici su kroz razvoj fizike doprinisili promjeni slike svijeta u kojem živimo.

### E.IV.1

Istražuje prirodu elektromagnetnog zračenja.

Analizira historijski kontekst u kojem je došlo do postavljanja hipoteze o kvantnoj prirodi toplotnog zračenja.

Istražuje i putem različitih reprezentacija opisuje kako se mijenjaju svojstva toplotnog zračenja u funkciji temperature (npr. intenzitet, spektralna raspodjela).

Istražuje i objašnjava kako dolazi do pojave fotoelektričnog efekta ističući poveznice sa pojavom toplotnog zračenja (npr. emisija vs apsorpcija fotona).

Uspoređuje pojave toplotnog zračenja, fotoefekta i Comptonovog efekta.

Rješava kvalitativne i kvantitativne probleme vezane za pojave toplotnog zračenja, fotoefekta i Comptonovog efekta.

Prikuplja i procjenjuje informacije o primjenama zakona toplotnog zračenja, fotoefekta i Comptonovog efekta u različitim kontekstima (npr. mjerenje temperature Sunca, fotoćelije).

FIZ-4.3.1

### E.IV.2

Analizira ideju o dualnoj prirodi materije.

Tumači difrakciju elektrona kao dokaz da elektroni imaju i valnu prirodu.

Tumači konceptualno značenje Schrodingerove valne funkcije.

Analizira misaone eksperimente koji govore u prilog Heisenbergovom principu neodređenosti.

Prikuplja i procjenjuje informacije o primjenama valova materije u raznovrsnim kontekstima (npr. elektronski mikroskop).

FIZ-4.3.1

## KLJUČNI SADRŽAJI

Toplotno zračenje, Planckova hipoteza, fotoelektrični efekat, difrakcija X-zraka, Comptonov efekat, De Broglieva hipoteza, difrakcija X-zraka, difrakcija elektrona, talasno-korpuskularni dualizam, talasna funkcija, Heisenbergov princip neodređenosti.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA



## 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

U osnovnoj školi nije izučavana kvantna fizika. Poznato je da o ovoj tematici postoje brojne miskoncepcije; tako npr. često se smatra da tijela na temperaturi nižoj od 0 °C ne emituju toplotno zračenje, da se fotoelektroni iz katode izbijaju zbog postojanja baterije u kolu, te da je de Broglieva valna dužina fiksna za jednu vrstu čestice. Mnogi vjeruju da se difrakcija elektrona ne bi dešavala kada bi se elektroni ispaljivali jedan po jedan prema pukotini.

Preporučuje se toplotno zračenje obraditi u kontekstu jednostavnih eksperimenata i/ili misaonih eksperimenata, kako bi razvili svijest o tome kako smo uopšte došli do zaključaka o karakteristikama toplotnog zračenja. Imajući u vidu da je izučavanje toplotnog zračenja prokrčilo put za uvođenje kvantne hipoteze, ova tema može biti iskorištena za opis prirode fizike. Kada je u pitanju fotoefekat, potrebno je ukazati na značajnu konceptualnu vezu sa toplotnim zračenjem (emisija vs apsorpcija kvanata), te zakonitosti fotoefekta istražiti kroz virtualni eksperiment. Pri tome je jako bitno i dobro shvatiti sve aspekte eksperimentalne postavke (npr. funkciju baterije). Pojam izlaznog rada može se zorno prikazati i kroz neke fizičke modele (npr. izbijanje optica iz manje ili više dubokih posuda). Kada je u pitanju dualna priroda materije, potrebno je pokazati kako su saznanja o svjetlosti dovela do sličnih hipoteza o materiji. Pri tome može biti jako korisno povlačenje analogije između difrakcije svjetlosti i difrakcije elektrona. Heisenbergov eksperiment se također može efikasno uvesti u kontekstu difrakcije na jednoj pukotini.

## 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je kreirati poveznice sa Biologijom (npr. efekti x-zraka na ljudski organizam) i Hemijom (npr. izlazni rad i energija veze).

## 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Moguće je odgojno djelovati po pitanju potencijalne opasnosti izlaganja x-zračenju. Osim toga, učenje o toplotnom zračenju može nam pomoći da razvijemo stavove o samoj prirodi fizike. Kreativno-produktivna kompetencija se može razvijati kroz projekt o primjenama toplotnog zračenja (npr. snimanje emisije toplotnog zračenja pomoću infracrvene kamere kod razmatranja toplotne izolacije u građevinarstvu).

### E.IV.1

Procjenjuje različite modele atoma i analizira linijske spektre.

Uspoređuje Thomsonov, Rutherfordov i Bohrov model atoma.

Povezuje Bohrov model atoma sa idejama o valnoj prirodi elektrona i Heisenbergovim principom neodređenosti.

Analizira mehanizam nastanka linijskih, emisijskih i apsorpcijskih spektara ističući poveznice sa zakonom očuvanja energije.

Tumači konceptualno značenje kvantnih brojeva koji se uvode radi kvantno-mehaničkog opisa atoma.

Kreira poveznice između kvantno-mehaničkog opisa atoma i periodnog sistema elemenata (npr. preko kvantnih brojeva i Paulijevog principa isključivosti).

Prikuplja i procjenjuje informacije o primjenama atomske fizike u raznovrsnim kontekstima (npr. primjena lasera u medicini, modeli vođenja električne struje).

### FIZ-4.3.2

Uspoređuje nuklearno, elektromagnetno i gravitaciono međudjelovanje.

Tumači prirodu radioaktivnog raspada, kao i svojstva alfa, beta i gama zračenja.

Piše i tumači jednostavne nuklearne reakcije polazeći od periodnog sistema elemenata i zakona očuvanja.



E.IV.2

Primjenjuje znanje o nuklearnim procesima i kritički procjenjuje primjene nuklearne fizike u praksi.

Rješava kvantitativne i kvalitativne probleme koji uključuju zakone radioaktivnog raspada i defekt mase.

Prikuplja i procjenjuje informacije o utjecaju radioaktivnog zračenja na žive organizme, te referira na pravila u oblasti radijacijske i nuklearne sigurnosti u BiH.

Prikuplja i procjenjuje informacije o primjenama nuklearne fizike u raznovrsnim kontekstima (npr. medicinska dijagnostika i terapija, radiokarbonsko datiranje, generiranje energije).

FIZ-4.3.3

E.IV.3

Opisuje osnovne postavke fizike elementarnih čestica i analizira utjecaj razvoja tehnologije na razvoj fizike.

Opisuje kako je analiza kosmičkog zračenja pomogla u razvoju fizike elementarnih čestica (npr. otkriće pozitrona).

Objašnjava zašto se proton i neutron ne mogu smatrati elementarnim česticama.

Analizira mehanizme koji su u osnovi fundamentalnih međudjelovanja.

Klasificira subatomske čestice (npr. leptoni, kvarkovi).

Analizira princip rada detektora i akceleratora čestica, kao i njihov značaj za razvijanje fizike elementarnih čestica.

Prikuplja i procjenjuje informacije o primjenama znanja fizike elementarnih čestica (npr. poveznice sa kosmologijom).

FIZ-4.3.3

## KLJUČNI SADRŽAJI

Modeli atoma, atomski spektri, Bohrov model atoma, kvantno-mehanički model atoma, periodni sistem elemenata i princip isključenja, međudjelovanje nukleona u jezgri, energija veze jezgra i defekt mase, radioaktivnost, zakon radioaktivnog raspada, nuklearna energija, nuklearne reakcije, djelovanje radioaktivnog zračenja na žive organizme, elementarne čestice i fundamentalne sile, antičestice, klasifikacija čestica, zakoni očuvanja, elektroslaba teorija i standardni model, akceleratori čestica i ujedinjenje međudjelovanja.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

U osnovnoj školi na konceptualnom nivou učilo se o temeljnim osobinama atoma i atomskih jezgara. U gimnazijskoj nastavi se ovo znanje produbljuje i proširuje primarno kroz razmatranje kvantnomehaničke slike atoma. Jedna od poznatih miskoncepcija u ovoj oblasti sastoji se u ne prihvatanju ideje da prilikom sudara atoma sa drugim atomima može doći do njihovog pobuđivanja. Kada je u pitanju nuklearna fizika često se smatra da radioaktivni raspad dovodi do nestanka jezgra, umjesto do njegove transformacije. Također, mnogi vjeruju da nakon dva vremena poluraspada nestaju sva jezgra.

Bitno je razviti svijest da atomi veliku većinu vremena provode u osnovnom stanju, a da do pobuđivanja u viša energetska stanja može doći kroz sudare. Također je nužno istaknuti da su atomski spektri odraz strukture energetskih nivoa atoma, te da se atomi kroz analizu spektra mogu jednoznačno identificirati. Potrebno je pružati priliku da rješavanje i računskih zadataka u kontekstu Bohrovog modela atoma. Najzad je potrebno dati opis kvantnomehaničkog modela atoma, primijeniti znanje radi određivanja elektronskih konfiguracija i primjene kvantne mehanike radi objašnjavanja periodnog sistema elemenata. Pri tome vrijedi pojasniti ulogu Paulijevog principa i Heisenbergove relacije neodređenosti za strukturu atoma. Kada je u pitanju nuklearna fizika potrebno je povezati radioaktivni raspad sa nestabilnošću određenih jezgri. Zakon radioaktivnog raspada moguće je demonstrirati tako što od učenika tražimo da svi ustanu, a zatim da svako

od njih baca kocku i sjedne ako baci šesticu. Nakon tri bacanja bi približno pola razreda trebalo da sjedi čime bismo uveli pojam vremena poluraspada. Moguće je pokazati da nakon 6 bacanja, tj. dva vremena poluraspada još uvijek imamo značajan broj učenika koji stoje. Glavna funkcija čestične fizike se ovdje sastoji u boljem razumijevanju samih nuklearnih reakcija, uključujući radioaktivni raspad.

## 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je kreirati značajne poveznice sa Hemijom (npr. objašnjenje periodnog sistema elemenata) i sa Biologijom (npr. efekti nuklearnog zračenja na ljudski organizam).

## 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Ova oblast nudi dobar kontekst za upoznavanje sa zakonskom regulativom u oblasti jonizujućeg zračenja. Moguće je kod razvijati svijest o prednostima (npr. nuklearna energija; nuklearna medicina) i opasnostima razvoja fizike (npr. nuklearna bomba; nuklearne nesreće u Fukushimi i Chernobyly).

<p>E.IV.1 Analizira Sunčev sistem.</p>	<p>Uspoređuje nebeska tijela koja postoje u Sunčevom sistemu (npr. asteroidi, komete, planete, mjeseci, meteori).</p> <p>Analizira proces nastanka Sunčevog sistema.</p> <p>Tumači jedinice koje se koriste za mjerenje astronomskih udaljenosti.</p> <p>Tumači položaj Sunčevog sistema u Svemiru.</p> <p>Objašnjava zašto je Sunce stabilno, tj. zašto ne kolapsira uslijed velike gravitacione sile.</p>
<p>FIZ-4.4.1</p>	<p>Klasificira zvijezde u spektralne klase s obzirom na njihovu temperaturu.</p> <p>Razlikuje prividnu i apsolutnu magnitudu, te luminozitet zvijezda.</p> <p>Objašnjava kako se spektralna analiza može koristiti za klasificiranje zvijezda.</p> <p>Tumači Hertzsprung-Russellov dijagram ističući postojanje različitih klasa zvijezda (npr. zvijezde glavnog niza, bijeli patuljci, crveni divovi, superdivovi).</p> <p>Objašnjava kako evolucijski put zvijezde ovisi o njenoj masi.</p> <p>Razlikuje vrste nuklearnih reakcija koje se odvijaju u različitim zvijezdama (npr. p-p ili CNO).</p>
<p>FIZ-4.4.2</p>	<p>Objašnjava kako se Dopplerov efekt koristi kao alat za sticanje uvida u evoluciju Svemira.</p> <p>Primjenjuje Hubbleov zakon za rješavanje kvalitativnih i kvantitativnih problema.</p> <p>Opisuje Teoriju velikog praska i karakteristične etape razvoja Svemira, od početka prostor-vremena, preko nastanka elementarnih čestica, do nastanka atoma, galaksija i Sunčevog sistema.</p> <p>Objašnjava kako se postojanje kosmičkog pozadinskog zračenja koristi kao argument za valjanost Teorije velikog praska.</p> <p>Prikuplja i procjenjuje informacije o istaknutim pojavama i procesima u oblasti kosmologije (npr. kvazari, tamna materija).</p>

KLJUČNI SADRŽAJI

Teorije o Svemiru, opservacijska astronomija, solarni sistem, galaksije, svemirske udaljenosti, Pogsonov zakon, klasifikacija zvijezda prema intenzitetu zračenja. Hertzsprung-Russellov dijagram, nastanak i evolucija zvijezda, nastanak i evolucija galaktika, veliki prasak (Big bang theory), fizika čestica i kosmologija.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

Osnovna znanja o fizici Svemira stečena su krajem devetog razreda osnovne škole. U gimnaziji se očekuje produblјivanje tih znanja, te opisivanje određenih zakonitosti pomoću matematičkog aparata. Treba imati na umu da mnogi često nemaju osjećaj za red veličine rastojanja u Svemiru. Kada je u pitanju kosmologija, duboko vjeruju u to da su svi atomi koje danas poznajemo stvoreni tokom samog velikog praska.

Učenje o fizici Svemira predstavlja idealan kontekst za prikazivanje eksploracijske prirode fizike i evolucije fizikalnog znanja. Ova tema je također pogodna za izražavanje ideje o jedinstvu prirode, te značaju objedinjavanja saznanja o elementarnim česticama i pojavama na makro skali (npr. procesi unutar zvijezda). Također, unutar ove tematske cjeline moguće je razbiti predrasudu o fizici kao nauci koja je prestala da se razvija; te se upoznavati sa aktualnim otkrićima unutar fizike visokih energija. Preporučivo je učenje o fizici Svemira započeti sa Sunčevim sistemom. Pri tome se preporučuje korištenje 3d modela ili tehnologija virtuelne stvarnosti. Kada je u pitanju Teorija velikog praska, kod učenika treba raditi na prevazilaženju miskonceptije da je Velikim praskom stvoren Svemir u trenutnoj formi. Pomoću puhanja običnog balona mogu se uvesti ideje o širenju Svemira i crvenom pomaku. Također treba učenicima pružiti dosta prilika da sami analiziraju Hertzsprung-Russellov dijagram.

Značajno motivacijsko djelovanje moguće je postići kroz posjete planetariju i praktično posmatranje neba, a preporučuje se i posjeta astronomskom društvu.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je kreiranje poveznica sa Hemijom (npr. hronologija nastanka hemijskih elemenata) i Geografijom (npr. karakteristike Sunčevog sistema).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Izučavanje date tematske cjeline kroz historijsku perspektivu doprinosi razvijanju svijesti o tome kako se slika svijeta mijenjala tokom vremena, te nam govori o prirodi čovjekovog pogleda na svijet općenito. Kroz razmatranje alternativnih teorija o nastanku i evoluciji Svemira (npr. Teorija stalnog stanja) moguće je podsticati i razvoj kritičkog razmišljanja.

## A

### Priroda fizike i naučni metod

#### A.1.1

Primjenjuje eksperimentalni metod u kontekstu fizike.

Provodi samostalno eksperimentalna istraživanja otvorenog tipa: identifikuje predmet istraživanja, prikuplja relevantne podatke, kreira modele, bira metode istraživanja, te analizira i prezentira rezultate istraživanja.

Računa i analizira mjerne pogreške.

Evaluiru izbor eksperimentalnih metoda polazeći od procjene nedostataka eksperimentalne postavke i poteškoća u mjerenju.

Predlaže poboljšanja u dizajnu eksperimenta.

Prikuplja i obrađuje podatke koristeći se modernim tehnologijama (npr. software za obradu podataka, digitalna videoanaliza, senzori).

#### FIZ-5.2.1 FIZ-5.2.3

##### A.I.2

Primjenjuje matematički metod u kontekstu fizike.

Izvršava operacije nad vektorima (slaganje, razlaganje, množenje vektora skalarom, skalarni i vektorski proizvod dva vektora) u kontekstu opisivanja i rješavanja fizikalnih problema.

Koristi eksponencijalnu, logaritamsku i trigonometrijsku funkciju u kontekstu rješavanja fizikalnih problema.

Rješava aproksimacijske i kontekstualno bogate probleme, te općenito probleme koji zahtijevaju kombinovanje većeg broja relacija.

Kritički se odnosi prema postavci i rješenju problema, te razlikuje relevantne od irelevantnih informacija.

Izvodi opći (simbolički) izraz za nepoznatu fizičku veličinu.

Predlaže vlastite primjere fizikalnih problema.

#### FIZ-5.2.1 FIZ-5.2.2

##### A.IV.3

Primjenjuje komunikacijske vještine u kontekstu fizike.

Objašnjava prirodne pojave, međudjelovanja i procese pozivajući se na osnovne principe fizike i koristeći vokabular fizike.

Diskutuje i evaluira određena naučna rješenja u specifičnim primjenama (korist za društvo, ekonomiju, politiku, ekologiju i sl.)

Koristi raznovrsne tehnologije u sakupljanju, obradi i predstavljanju informacija.

Tumači i koristi raznovrsne metode izražavanja (riječi, crteži, grafikoni, tabele, matematički izrazi, makete, simulacije, video-snimci) i oblasno-specifične reprezentacije (model svjetlosne zrake, fazori) fizikalnih sadržaja i procesa.

Izveštava o rezultatima svoga rada na način koji je prikladan karakteristikama ciljne publike, Uz adekvatnu naučnu argumentaciju.

#### FIZ-5.1.1 FIZ-5.2.3 FIZ-5.3.2

Kod kreiranja pisanih radova, na prikladan način citira i popisuje izvore informacija.

### KLJUČNI SADRŽAJI

Svi sadržaji predviđeni za izučavanje u četvrtom razredu.

### PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

#### 1. Eksperimentalni metod

Samostalno, u tandemu ili grupi preporučuje se učešće u eksperimentalnom istraživanju fizikalnih pojava putem demonstracionih oglada, labaratorijskog ili projektnog rada: Određivanje talasne dužine svjetlosti, Određivanje indeksa loma stakla/plastike, Istraživanje Youngovih pruga interferencije, Određivanje konstante optičke rešetke, Određivanje Brewsterovog ugla za staklo, Istraživanje fotoelektričnog efekta pomoću simulacije ili eksperimentalno, Istraživanje radioaktivnog raspada pomoću kompjuterske simulacije ili raspada mjehurića pivske pjene.

Ovu listu potrebno je shvatiti samo kao preporuku koja odražava jedan od mogućih konteksta za razvijanje vještina korištenja eksperimentalnog metoda u nastavi fizike za četvrti razred gimnazije.

Ukoliko se eksperimenti iz optike izvode sa svjetlosnim izvorima koji mogu izazvati oštećenje oka, potrebno je posvetiti pažnju maksimalnoj zaštiti zdravlja. Podsticati izvođenje oglada sa lako pristupačnim materijalima.

## 2. Matematički metod

Potrebno je insistirati na metodičkom pristupu izradi fizikalnih zadataka: vizualizacija, fizikalna rasprava, kreiranje i implementacija matematičkog plana, kritički osvrt na rješenje zadatka. Koristiti znanja o eksponencijalnim funkcijama i logaritamski račun pri poučavanju o radioaktivnosti i zračenju, a znanja iz trigonometrije za talasnu optiku.

## 3. Ovladavanje komunikacijskim vještinama u kontekstu fizike

Potrebno je kod uvođenja novih pojmova u nastavi, zahtijevati opis tog pojma jezikom svakodnevnice, kako bi se uočile eventualne jezičke miskoncepcije i omogućio proces konceptualne promjene.

Potrebno je insistirati na kombiniranju velikog broja različitih prikaza informacija i na aktivnostima prevođenja jednih prikaza u druge. Također, potrebno je priuštiti brojne prilike za komuniciranje o fizikalnim pojavama i procesima – bilo da se radi o diskutiranju o ishodima eksperimenta, prezentiranju seminarskog rada ili pisanju pripreme za eksperimentalni rad.

U oblasti optike treba poticati i ohrabrivati da objašnjenja budu potkrijepljena dijagramima u kojima koristi model svjetlosne zrake.

## Srednje obrazovanje – Fizika gimnazija izborna područja

### ► Srednje ► I.

### Godine učenja i podučavanja predmeta: 4

#### A

#### Priroda fizike i naučni metod

##### A.I.1

Tumači prirodu fizike i analizira njen historijski razvoj.

Analizira historijski razvoj fizike (npr. kroz etape normalne nauke, krize nauke i naučne revolucije) i njen značaj za formiranje slike svijeta.

Tumači fiziku kao jednu vrstu društvene aktivnosti u okviru koje jednako bitne uloge imaju logičko razmišljanje i kreativnost.

Povezuje razvojnost znanja fizike sa korištenjem modela u fizici.

Analizira mjesto fizike u hijerarhiji nauka.

Razlikuje redukcionistički i holistički pristup u nauci.

##### A.I.2

Primjenjuje naučne metode, reprezentacije i tehnologije, te

Izvršava operacije nad vektorima (npr. slaganje, razlaganje, skalarni i vektorski proizvod) u kontekstu rješavanja jednostavnih fizikalnih zadataka.

Koristi polinome, racionalne funkcije, stepene i zakonitosti geometrije u kontekstu rješavanja jednostavnih fizikalnih zadataka.

procjenjuje istraživački rad u fizici.

Procjenjuje planove istraživanja i izvještaje o provedenim istraživanjima, te na osnovu toga predlaže poboljšanja u istraživačkom dizajnu.

Računa i analizira mjerne pogreške.

Prikuplja i obrađuje podatke koristeći raznovrsne izvore i tehnologije.

Predstavlja podatke/relacije koristeći se različitim reprezentacijama (npr. tabelarno, analitički, grafički).

## KLJUČNI SADRŽAJI

Predmet proučavanja fizike i metode, posmatranje, model, hipoteza, eksperiment, teorija, fizikalne veličine i mjerne jedinice, skalarne i vektorske veličine, greške pri mjerenju.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

U gimnaziji se očekuje razvijanje dubljeg razumijevanja prirode fizike i intenzivnije korištenje matematičkog aparata. Treba imati u vidu da se u gimnazijskoj nastavi fizike pristupa sa brojnim miskoncepcijama o prirodi fizikalnog znanja (npr. “znanje fizike se više ne razvija i skup je neuvezanih činjenica”), o istraživanjima u fizici (npr. “fizikalno istraživanje mora sadržavati i eksperiment”, “postoji istraživački algoritam kojeg koriste svi fizičari”), o mogućnostima fizike (npr. “fizika može riješiti sve probleme čovječanstva”, “fizika nije uopšte povezana sa svakodnevnicom”) i terminologijom fizike (npr. “hipoteza je nagađanje” ili miješanje zapažanja i zaključaka).

Preporučuje se eksplicitno, tj. direktno poučavanje o prirodi fizike kroz koje treba napraviti osvrt na sve gore navedene kategorije miskoncepcija. Pri tome je poželjno u nastavu uključiti odgovarajuće primjere iz historije fizike, kao i aktivnost refleksivnog promišljanja o situacijama koje mogu aktivirati miskoncepcije. Potrebno je razvijati i kompetencije u oblasti dizajniranja i evaluiranja fizikalnih istraživanja, te naučnog pristupanja interpretaciji podataka i dokaza. Naročitu pažnju valja posvetiti značaju kontroliranja varijabli. U tom smislu se preporučuje u ovoj, ali i svim ostalim tematskim cjelinama u gimnazijskom obrazovanju, uključivati zadatke koji nalikuju PISA zadacima koji provjeravaju epistemološko znanje fizike. Jako korisna aktivnost može se sastojati i u dubinskom evaluiranju manjeg broja planova istraživanja i izvještaja o provedenim istraživanjima, pri čemu treba evaluirati kako primjere dobre, tako i primjere loše prakse.

Kada je u pitanju korištenje matematičkog metoda, treba imati u vidu da većina prvobitno ne razumije svrhu korištenja vektora, niti zna vršiti operacije sa vektorima. Potrebno je naučiti da razlikuju vektor, intenzitet vektora (uvijek pozitivan skalar) i komponentu vektora (skalar koji može biti i negativan). Također, često se ne razumije ni pojam funkcije i postoji problem prelaska sa tipičnih matematičkih notacija u kojima je  $x$  obično nezavisna varijabla, na fizikalne notacije u kojima je  $x$  često zavisna varijabla. Sve navedene poteškoće preporučivo je rješavati kroz rješavanje pažljivo odabranih zadataka u kontekstu fizike (npr. verbalno interpretiranje  $x(t)$  grafa). Kada je u pitanju trigonometrijska funkcija, dovoljno je zadržati se na definiciji i primjeni osnovnih trigonometrijskih funkcija.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Postoje mogućnosti kreiranja poveznica sa predmetima iz oblasti prirodnih nauka po pitanju tematike “prirode prirodnih nauka” i naučnog metoda. Tu je potrebno obezbijediti konzistentno korištenje terminologije (npr. hipoteza, model, teorija) u različitim predmetima. Postoje i značajne poveznice sa Matematikom, po pitanju korištenja vektora i elementarnih funkcija.

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Unutar ove oblasti moguće je razvijati stavove o fizikalnim teorijama kao kulturnom blagu najvišeg ranga, te kritički razmatrati utjecaj razvoja fizike na sliku svijeta i kvalitet življenja. U tom smislu treba razvijati

uvažavanje za različite perspektive u poimanju materije, pojava i procesa (npr. fizikalna, umjetnička, vjerska perspektiva). Osim toga, prilika za kritičko razmišljanje nude i aktivnosti procjenjivanja planova istraživanja i izvještaja o provedenim istraživanjima. Također je moguće razvijati svijest o činjenici da se objektivnost u fizici u velikoj mjeri obezbjeđuje kroz korištenje matematičkog aparata.

## B MEHANIKA

### B.I.1

Analizira veze i odnose između temeljnih kinematičkih pojmova.

Razlikuje temeljne kinematičke pojmove u kontekstu primjera iz svakodnevnice (npr. brzina - putna brzina, brzina - ubrzanje, vektor položaja - vektor pomaka, put - putanja, translatorno kretanje - obrtno kretanje).

Tumači pojam relativnosti kretanja služeći se konkretnim primjerima.

Uspoređuje trenutne i srednje vrijednosti kinematičkih veličina.

Tumači skalarnu ili vektorsku prirodu kinematičkih veličina.

### B.I.2

Istražuje pravolinijska kretanja.

Eksperimentalno istražuje i opisuje zakon puta kod pravolinijskih kretanja.

Kreira različite reprezentacije (npr. dijagram kretanja, tabela, grafikon, formule) za predstavljanje zakonitosti pravolinijskog kretanja tijela, te uspostavlja veze između različitih reprezentacija.

Kvalitativno i kvantitativno analizira s-t, v-t i a-t grafikone (npr. nagib, površina ispod krive, uspostavljanje veza među kinematičkim veličinama).

Rješava relativno složene teorijske i praktične probleme u kontekstu pravolinijskih kretanja.

Razlikuje pravolinijska i složena kretanja, te u tom kontekstu ističe princip nezavisnosti kretanja.

### B.I.3

Istražuje vezu između sile koja djeluje na tijelo i kretanja tijela

Analizira historijski razvoj ideja o pojmu sile uključujući i aktuelna shvaćanja o fundamentalnim silama (interakcijama) u fizici.

Koristi grafički i matematički metod radi slaganja i razlaganja sila.

Eksperimentalno i matematički određuje različite vrste sila.

Eksperimentalno istražuje vezu između ukupne sile koja djeluje na tijelo i promjene impulsa tijela, ističući posljedice te veze u raznovrsnim kontekstima (npr. sport, saobraćaj).

Koristi I, II i III Newtonov zakon radi rješavanja kvalitativnih, kvantitativnih i praktičnih problema u kontekstu pravolinijskih i složenih kretanja.

## KLJUČNI SADRŽAJI

Referentni sistem, radijus vektor, put i pomak, brzina i ubrzanje, ravnomjerno pravolinijsko kretanje, promjenjivo pravolinijsko kretanje, relativnost kretanja, kretanje u gravitacionom polju (slobodan pad, vertikalni hitac i horizontalni hitac).



### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

U gimnaziji se u većoj mjeri uvažava vektorska priroda pojedinih kinematičkih veličina, a osim pravolinijskih, izučavaju se i krivolinijska kretanja. Međutim, i u gimnazijskoj nastavi treba uzimati u obzir miskonceptije o kinematičkim pojmovima (npr. “ubrzanje je isključivo povezano sa promjenom intenziteta brzine”, “negativno ubrzanje mora značiti da intenzitet brzine postaje manji”) i grafovima (npr. shvatanje grafa kao “slike kretanja”), kao i poteškoće u izražavanju (npr. miješanje intervala i trenutka, te korištenje pojma “početnog trenutka”).

Radi prevazilaženja pomenutih poteškoća preporučuje se kombiniranje velikog broja reprezentacija: riječi, crteža (dijagrama kretanja), grafikona i formula. Naročito je korisna aktivnost predstavljanja kretanja dijagramom kretanja, tj. nekom vrstom stroboskopskog snimka unutar kojeg se nanose vektori brzine i/ili ubrzanja. Nakon toga se može od tražiti da se za dijagram kretanja skicira odgovarajući grafikon. Sve ove aktivnosti potrebno je obavezno popratiti intenzivnim verbalnim objašnjenjima. Kada je u pitanju kretanje u dvije dimenzije potrebno ga je glatko nadovezati na pravolinijska kretanja, pažljivim uvođenjem principa nezavisnosti kretanja. Korištenje trigonometrijske funkcije treba da je ograničeno na definiciju temeljnih funkcija i najjednostavnije primjene.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Postoji mogućnost kreiranja značajnih poveznica sa predmetom Matematika, posebno po pitanju korištenja kvadratne funkcije i osnovnih trigonometrijskih funkcija. Preporučuje se kreiranje plana korištenja pomenutih funkcija u fizici u uskoj saradnji sa predmetnim nastavnikom/com matematike.

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Ova tematska cjelina može značajno doprinijeti razvijanju čitalačke pismenosti, kroz podsticanje povezivanja i kombiniranja različitih načina predstavljanja informacija (npr. tekst i grafikone).

#### B.I.4

Istražuje kružno kretanje tijela.

Eksperimentalno istražuje i tumači ravnomjerno kružno kretanje koristeći se klasičnim i/ili modernim tehnologijama (npr. digitalna video analiza stola za rulet).

Uspostavlja vezu između veličina kojim opisujemo pravolinijsko i kružno kretanje (npr. pomak – ugaoni pomak, linijska brzina – ugaona brzina, ubrzanje – ugaono ubrzanje).

Povezuje pojmove tangencijalnog i centripetalnog ubrzanja, sa promjenom intenziteta odnosno pravca vektora brzine kod kružnog kretanja tijela.

Identificira konkretnu prirodu centripetalne sile u raznovrsnim kontekstima.

Primjenjuje II Newtonov zakon na kružno kretanje tijela u raznovrsnim kvalitativnim i kvantitativnim kontekstima.

#### B.I.5

Primjenjuje znanje o gravitacionom međudjelovanju tijela i objašnjava jednostavne pojave iz oblasti nebeske mehanike.

Primjenjuje Newtonov zakon gravitacije radi rješavanja kvalitativnih i kvantitativnih problema.

Objašnjava kretanje objekata u orbiti (npr. brzinu, kinetičku i potencijalnu energiju, pojavu bestežinskog stanja).

Objašnjava Keplerove zakone.

Opisuje povezanost Keplerovih zakona sa Newtonovim zakonom gravitacije.



Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o vještačkim i prirodnim satelitima.

#### B.1.6

Analizira pojam energije, njene različite forme i pretvorbe

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o različitim vrstama izvora energije.

Tumači formule za kinetičku i potencijalnu energiju (gravitacionu i elastičnu).

Analizira jednostavne uređaje u kojima se vrši pretvorba energije ističući stepen korisnog djelovanja kao bitno svojstvo tih uređaja.

Analizira i kombinuje veze i koncepte sile, energije, rada i snage, radi rješavanja kvalitativnih, kvantitativnih i praktičnih problema.

Objašnjava pojam kalorijskog deficita/suficita u kontekstu razvijanja zdravih prehrambenih navika.

### KLJUČNI SADRŽAJI

Newtonovi zakoni, princip nezavisnosti djelovanja sila, slaganje i razlaganje sila (elastična sila, sila trenja, centripetalna sila), reaktivno kretanje, trenje klizanja i kotrljanja, analogija pravolinijskog kretanja i kružnog, ravnomjerno i promjenjivo kružno kretanje, centripetalno ubrzanje, težina tijela, strma ravan, Keplerovi zakoni, Newtonov zakon gravitacije, gravitaciono polje.

### PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

#### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline - metodičke smjernice

O poveznici sile i kretanja, te o gravitacionim pojavama, se već učilo u osmom razredu osnovne škole. Ključna nadogradnja i produbljivanje znanja u gimnazijskoj nastavi odnosi se na usložnjavanje matematičkog aparata, te razmatranje kružnog kretanja i dublji opis pojma fizikalnog, u ovom slučaju gravitacionog, polja.

Međutim, treba imati na umu da i u gimnaziji, mnogi miješaju silu sa energijom i snagom, te vjeruju da silom mogu djelovati samo živa tijela. Kada je u pitanju III Newtonov zakon, treba paziti da se ne razviju ideje da sila akcije i reakcije djeluju na isto tijelo, te im objasniti da veća tijela i manja tijela međudjeluju istom silom, ali su efekti tog međudjelovanja različiti, zbog različitih masa tijela. Kada je u pitanju kružno kretanje, bitno je da učenici prepoznaju da centripetalna sila nije nikakva zasebna vrsta sile; to je rezultujuća sila koja djeluje prema centru krivine. Kada je u pitanju gravitaciona sila, mnogi njenu pojavu povezuju isključivo sa djelovanjem Zemlje.

Prije pristupanja rješavanju računskih zadataka poželjno je naučiti identificirati sile koje djeluju na tijela i crtati odgovarajuće dijagrame sila. Pri tome je preporučivo uvesti pojam sistema i okoline, te za početak tijelo čije kretanje analiziramo posmatrati kao sistem, a sve ostalo kao okolinu. Sile koje se pojavljuju na granici sistema i okoline su onda kontaktne sile, koje treba razlikovati od sila koje djeluju "na daljinu". Što se tiče različitih vrsta sila, pojedine vrste sila se mogu okvirno uvesti i prije njihovog dubljeg razmatranja (npr. elastična i gravitaciona). Nakon što se razvije vještina identificiranja sila, potrebno je kreirati poveznicu sa pojmom kretanja. Vjerovanje da kretanja može biti samo ako ima i djelovanja sile, treba zamijeniti vjerovanjem da promjene kretanja, tj. promjene brzine, ima samo ako ima i djelovanja sile. Napokon, moguće je pristupiti rješavanju računskih zadataka. Kružno kretanje je moguće situirati u kontekst kretanja određenih nebeskih tijela. Kada je u pitanju kretanje satelita, kroz različite primjere treba pokušati objasniti da se sateliti nalaze u stanju sličnom slobodnom padu, ali se ne približavaju Zemljinoj površini, jer se istom brzinom kojom oni padaju i Zemljina površina zakrivljuje.

#### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je kreiranje značajnih poveznica sa nastavom Geografije (npr. kretanje Zemlje oko Sunca, GIS), te sa Biologijom i Tjelesnim odgojem (npr. biomehanika, fizika različitih sportskih disciplina).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Moguće je iz fizikalne perspektive prodiskutovati određene aspekte sigurnosti u saobraćaju (npr. značaj držanja odstojanja, korisnost air-baga), ali i određene situacije iz sporta (npr. ublažavanje pada u džudu). Digitalne kompetencije se mogu unaprijediti kroz razmatranje GIS-a.

B.I.7

Eksperimentalno istražuje i primjenjuje zakone očuvanja u kontekstu translatornog kretanja

Razlikuje pojmove sistema i okoline.

Identificira procese posredstvom kojih sistem prelazi od početnog do finalnog stanja.

Objašnjava kako može doći do promjene energije i impulsa sistema.

Eksperimentalno istražuje zakone očuvanja.

Primjenjuje zakone očuvanja energije i impulsa raznovrsnim kontekstima (npr. sudari, eksplozije).

B.I.8

Istražuje oscilatorno kretanje

Kvalitativno opisuje promjenu energije kod oscilatornog kretanja.

Eksperimentalno istražuje i analizira faktore o kojima ovisi period oscilovanja matematičkog i elastičnog klatna (opruga).

Skicira i interpretira grafikone prostog harmonijskog oscilovanja.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o rezonanciji i njenim primjenama u svakodnevnici i tehnici.

B.I.9

Istražuje talasno kretanje

Istražuje mehanizme nastanka, prostiranja, apsorpcije, odbijanja i prelamanja mehaničkih talasa (npr. u kontekstu talasa na vodi).

Rješava kvalitativne i kvantitativne probleme u kontekstu mehaničkih talasa.

Kvalitativno opisuje pojave konstruktivne i destruktivne interferencije, kao i difrakcije mehaničkih talasa (npr. u kontekstu talasa na vodi).

Objašnjava pojavu stojećih talasa u kontekstu talasa koji se prostire kroz užu.

Istražuje mehanizme nastanka, prostiranja, apsorpcije, odbijanja i prelamanja zvučnih talasa.

#### KLJUČNI SADRŽAJI

Mehanička energija, mehanički rad, snaga, stepen korisnog djelovanja, održavanje ukupne mehaničke energije i impulsa.

Harmonijsko oscilovanje, klatno, energija oscilovanja, rezonancija, postanak i vrste mehaničkih talasa, talasna dužina, frekvencija, brzina talasa, odbijanje i prelamanje talasa, interferencija, difrakcija talasa, stojeći talasi.

#### PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

## 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

U osnovnoj školi se stiču prvo znanje o energiji, radu i snazi, te razmatraju transformacije i očuvanje energije u jednostavnim kontekstima. U gimnaziji se očekuje da se među pojmovima energije, rada i snage stvara više kvantitativnih poveznica, te da se pozna više kvantitativnih izraza za različite vrste energije. Konceptualni okvir učenja o energiji je sličan kao i u osnovnoj školi, te uključuje vrste energije, transformacije energije, degradaciju energije i očuvanje energije. Očekuje se sistematska primjena zakona očuvanja energije i impulsa, te razumijevanje veze između zakona o očuvanju energije i teorema o energiji i radu.

Unutar ove tematske cjeline od suštinskog je značaja obezbijediti razumijevanje pojava fizikalnog sistema i okoline, kao i odgovarajuću podjelu na vanjske i unutrašnje sile, te na konzervativne i nekonzervativne sile. Tek nakon što smo se uvjerali da se razumiju ove podjele, te da postoji sposobnost identificiranja sile u konkretnim situacijama, moguće je zahtijevati rješavanje fizikalnih problema polazeći od zakona očuvanja. Pri tome se snažno preporučuje demonstrirati da primjenjivost zakona očuvanja energije ovisi o izboru fizikalnog sistema; korisno je isti problem pokušati riješiti, kako na osnovu zakona očuvanja mehaničke energije, tako i na osnovu teorema o energiji i radu (za drugačiji izbor fizikalnog sistema).

Preporučivo je kod opisa harmonijskog oscilovanja pristupiti egzemplarno, kroz izučavanje oscilovanja tijela na opruzi, kao tipičnog primjera harmonijskog oscilovanja. Preporučuje se istovremeno prikazivati oscilovanje tijela i iscrtavanje grafikona ovisnosti elongacije u vremenu, te ova predstavljanja kretanja povezati sa formulom za ovisnost elongacije o vremenu. Intenzivno kombiniranje različitih reprezentacija (simulacija, grafikona, riječi i formula) preporučuje se i kod talasnog kretanja.

## 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je kreiranje poveznica sa Biologijom (npr. skladištenje energije kod čovjeka), Hemijom (npr. energija hemijske veze) i Tjelesnim odgojem (npr. ostvarivanje kalorijskog deficita). Također su moguće i poveznice sa Geografijom (npr. izbor prikladne lokacije za gradnju vjetroelektrane) i Historijom (npr. energetske resursi i mirovno pitanje).

Moguće je kreiranje značajnih poveznica sa Biologijom (npr. kako čujemo?), Psihologijom i Muzičkom kulturom (npr. muzikoterapija, princip rada muzičkih instrumenata), te Geografijom (npr. cunami, vjetar).

## 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Moguće je odgojno djelovati u smjeru razvijanja životnih navika koje pogoduju očuvanju životne okoline. To se primjerice može postići kroz razvijanje svijesti o značaju štednje energije i korištenje obnovljivih izvora energije (npr. rasprava o energetskim klasama različitih uređaja). Kreativno-produktivna i poduzetnička kompetencija se mogu razvijati kroz implementiranje projekta na temu energije i zaštite okoliša.

Potrebno je ukazati na mjere zaštite koje je moguće poduzeti u slučaju zemljotresa.

## C

### MOLEKULARNA FIZIKA I TERMODINAMIKA

#### C.1.1

Istražuje osnovne postavke molekularno-kinetičke teorije

Uspoređuje molekularne pojave u gasovima, tečnostima i čvrstim tijelima.

Uspoređuje pojmove temperature i unutrašnje energije tijela.

Primjenjuje različite reprezentacije gasnih zakona (npr. grafikoni ili formule) radi rješavanja fizikalnih problema.

Prikuplja i kritički procjenjuje mogućnosti primjene jednačine stanja idealnog gasa u raznovrsnim kontekstima (npr. disanje kod čovjeka, princip šprice).

Eksperimentalno istražuje (npr. kroz virtuelni eksperiment) i tumači zakone koji vrijede za izoprocese.

### C.I.2

Kombinuje znanje o unutrašnjoj energiji, toploti i radu

Analizira historijski razvoj termodinamike i uticaj tog razvoja na ljudsko društvo.

Identificira različite vidove prijenosa toplotne energije u kontekstu primjera iz svakodnevnice.

Eksperimentalno utvrđuje toplotni kapacitet datog tijela.

Tumači konceptualno značenje zakona termodinamike.

Prikuplja i kritički procjenjuje primjene znanja o toplotnim procesima u praksi (npr. termoizolacija i ušteda energije u domaćinstvu, efekat staklene bašte).

### C.I.3

Analizira promjene agregatnih stanja

Objašnjava procese uslijed kojih dolazi do promjene agregatnog stanja tijela.

Analizira grafikone koji prikazuju ovisnost temperature o dovedenoj ili odvedenoj količini toplotne energije tokom vremena.

Uspoređuje i razlikuje pojmove isparavanja, ključanja i kondenzovanja.

Koristi pojmove toplote očvršćavanja, topljenja, isparavanja i kondenziranja u kvalitativnim i kvantitativnim kontekstima.

## KLJUČNI SADRŽAJI

Građa tvari i osnove molekularno-kinetičke teorije, temperatura, unutrašnja energija, toplota, idealan plin, pritisak idealnoga plina, opća jednačina stanja idealnoga plina, izoprocesi, rad plina.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline– metodičke smjernice

U osmom razredu osnovne škole prvi put unutar nastave fizike uči se o modelu građe tvari. U gimnazijskoj nastavi očekuje se dodatno produblјivanje znanja o građi tvari (npr. dublje razmatranje međučestičnih veza), te da tako nadograđen model primjene kod razmatranja pojava u čvrstim tijelima, tečnostima i gasovima. Pokazuju se poteškoće sa razumijevanjem pojma mola; nerazumijevanje da prilikom rasprave o količini tvari uvijek moramo specificirati na koju vrstu čestica se odnosi (npr. 1 g vodika sadrži 1 mol atoma vodika, ali 0.5 molova molekula vodika). Osim toga, često se ne razumiju dobro razlike između idealnog i realnog gasa.

Imajući u vidu apstraktnu prirodu ove teme, nužno je najprije predočiti zorne vizuelne modele koji ilustriraju kretanja, rastojanja i međudjelovanje čestica u čvrstim tijelima, tečnostima i gasovima. U tom kontekstu je onda potrebno uvesti temeljne pojmove molekularno-kinetičke teorije i pružiti učenicima priliku da ih koriste u što većem broju situacija. Kod prikazivanja gasnih procesa preporučivo je objašnjenje konstruirati kroz sljedeće korake: 1) kako je proces moguće ostvariti u laboratoriji; konkretna eksperimentalna postavka 2) objašnjenje procesa pomoću modela građe tvari 3) p -V grafikon

Potrebno je razviti svijest da u posudi sa lako pokretnim klipom, u stanju ravnoteže, pritisak gasa na zidove posude samo ovisi o vanjskom pritisku kojim klip djeluje na gas (npr. uz atmosferski pritisak tu imamo još i pritisak uslijed težine klipa sa utezima).

Molekularne pojave u tečnostima i gasovima pogodne su za demonstriranje oglеda sa lako pristupačnim materijalima i virtuelnim ogledima.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je ostvarivanje poveznica sa Biologijom (npr. disanje kod čovjeka) i Geografijom (npr. promjena temperature sa nadmorskom visinom).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Na primjeru historijskog razvoja modela građe tvari moguće je razvijati svijest o naučnim modelima kao kulturnom blagu najvećeg ranga, te o značaju kritičkog razmišljanja i otvorenosti uma za razvoj naučne misli, a time i čovječanstva.

## ► Srednje ► II.

### Godine učenja i podučavanja predmeta: 5

## D ELEKTRICITET I MAGNETIZAM

### D.II.1

Primjenjuje znanje o međudjelovanju električnih naboja

Povezuje razvoj ideja o atomskoj strukturi materije sa razvojem razumijevanja o električnim pojavama.

Opisuje sličnosti i razlike između Coulombovog zakona i Newtonovog zakona gravitacije.

Koristi Coulombov zakon radi rješavanja kvantitativnih i kvalitativnih problema.

Primjenjuje princip superpozicije radi određivanja rezultujuće električne sile u određenoj tački prostora (za sistem tačkastih naboja).

Istražuje primjenu zakonitosti elektrostatike u svakodnevnici (npr. printer, prskalice isl.)

### D.II.2

Primjenjuje pojam električnog polja radi analiziranja pojava i procesa u elektrostatici

Tumači konceptualno značenje izgleda linija električnog polja, u konkretnim primjerima.

Kombinuje pojmove sile, rada, potencijala i/ili napona radi rješavanja kvalitativnih i kvantitativnih zadataka.

Objašnjava ponašanje provodnika i izolatora u električnom polju polazeći od modela o građi tvari.

Primjenjuje znanje o kondenzatorima radi rješavanja kvalitativnih i kvantitativnih problema.

Analizira kretanje naelektrisane čestice u homogenom električnom polju.

### D.II.3

#### Analizira pojavu i efekte protjecanja električne struje u čvrstim tijelima

Uspoređuje uslove potrebne za protjecanje prelazne i stalne struje.

Povezuje jačinu struje kroz tvar sa brzinom drifta nosioca naboja.

Tumači svojstvo otpornosti i njegovu vezu sa temperaturom polazeći od modela građe tvari.

Istražuje faktore koji utiču na vođenje električne struje kroz čvrsta tijela.

Objašnjava pojavu munje, te nudi odgovarajuće preporuke koje se tiču zaštite ličnog zdravlja i električnih uređaja.

## KLJUČNI SADRŽAJI

Elektricitet i atomska struktura tvari, Coulombov zakon, električno polje, jačina električnoga polja, električni potencijal, napon i rad u električnome polju, električni kapacitet, kondenzatori i vezivanje kondenzatora, energija električnoga polja, kretanje naboja u električnome polju, statički elektricitet kod aparata.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline– metodičke smjernice

O elektrostatici se prvi put uči u devetom razredu osnovne škole. U gimnazijskoj nastavi se u nešto većoj mjeri pažnja posvećuje određivanju polja u slučaju većeg broja naelektrisanja, te razmatranju pojava u električnom polju iz perspektive rada i energije. Poteškoće sa učenjem ove oblasti uglavnom su uzrokovane nedostatkom direktnog fizičkog iskustva sa elektrostatickim pojavama. Tako npr. se često smatra da se provodnik može naelektrisati, ali izolator ne. Osim toga, električnu influenciju i polarizaciju dielektrika mnogi objašnjavaju tvrdnjom da sa naelektrisane šipke "naelektrisanje prelazi" na posmatrani provodnik odnosno izolator. Pri tome se naelektrisanje percipira samo po sebi kao objekt umjesto kao svojstvo objekta (npr. elektrona), a pozitivno naelektrisanje se pogrešno pripisuje primanjem protona. Kada je u pitanju Coulombov zakon, mnogi pokušavaju da ga koriste i za tijela proizvoljnog oblika, a što se tiče električnog polja, često ne vide ni svrhu uvođenja tog pojma i smatraju da ga nema u prostoru između linija polja. Osim toga, često smatraju da je jačina električnog polja na jednoj ekvipotencijalnoj liniji svugdje ista.

Preporučivo je prvo pomoći da se razvije mentalni model naboja koji uključuje razumijevanje procesa naelektrisanja, očuvanja naboja i vezu između mikro i makro pojava. Ovaj model se jedino može izgraditi kroz izvođenje oglada. Prilikom uvođenja Coulombovog zakona treba naglasiti eksplicitno njegova ograničenja. Dalje, treba uvesti pojam električnog polja pri čemu je preporučivo istaknuti da: polje postoji u svim tačkama prostora; polje postoji neovisno o prisustvu probnog naboja; i pored toga što se vektor jačine električnog polja crta tako da se "prostire kroz prostor", on karakteriše uvijek samo jednu tačku, u kojoj je početak vektora. Kada je u pitanju pojam potencijala, preporučivo ga je uvesti kao svojstvo polja, preko pojma rada. Općenito, treba nastojati izvršiti transfer znanja iz oblasti gravitacionog polja i mehaničke energije, u oblast električnog polja. Treba obezbijediti mogućnost tretiranja pojave polazeći od zakona očuvanja energije. Osim toga, treba u kontekstu ekvipotencijalnih linija ukazati na veze između pojmova potencijala i jačine električnog polja. Preporučivo je ukazati da se razlike potencijala uspostavljaju uvijek zbog razdvajanja naboja, te objasniti kako se to razdvajanje naboja koristi za skladištenje energije kod kondenzatora.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je ostvarivanje poveznica sa Biologijom (npr. membranski potencijal), Geografijom (npr. analogija topografske mape i ekvipotencijalnih linija), Hemijom (npr. vezanost elektrona u atomima različitih materijala) i Matematikom (npr. slaganje vektora).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Pojam polja jedan je od ključnih u fizici i njegovo savladavanje je bitno za vertikalno nadograđivanje znanja u oblasti Fizike. Odgojno se može djelovati kroz upoznavanje sa primjenama elektrostatike u tehnologiji (npr. prečišćivači vazduha) koje mogu unaprijediti kvalitet življenja.

<p>D.II.4 Sastavlja i istražuje strujna kola istosmjerne struje</p>	<p>Sastavlja strujno kolo u skladu sa zadanom shemom ili crta shemu prema zadanom kolu.</p> <p>Eksperimentalno istražuje i opisuje naponsko-strujnu karakteristiku provodnika.</p> <p>Koristi Ohmov i Joule-Lenzov zakon, te Kirchhoffova pravila radi rješavanja kvalitativnih i kvantitativnih problema i određivanja vrijednosti fizikalnih veličina u strujnom kolu.</p> <p>Prikuplja i kritički procjenjuje primjene strujnih kola istosmjerne struje u raznovrsnim kontekstima.</p>
<p>D.II.5 Istražuje svojstva stalnih magneta i karakteristike magnetnog polja</p>	<p>Tumači pojam elementarnog magneta, polazeći od znanja o građi tvari.</p> <p>Istražuje i opisuje magnetno polje Zemlje.</p> <p>Uspoređuje magnetno i električno polje ukazujući na njihovu vektorsku prirodu.</p> <p>Analizira razlike između dijamagnetika, paramagnetika i feromagnetika.</p> <p>Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama znanja o magnetizmu u svakodnevnicima i tehnicima (npr. polarna svjetlost, orijentacija kod pojedinih životinjskih vrsta).</p>
<p>D.II.6 Primjenjuje znanje o magnetnim efektima električne struje i djelovanju magnetnog polja na naboj u kretanju</p>	<p>Uspoređuje magnetno polje pravolinijskog provodnika, kružnog provodnika i solenoida.</p> <p>Predviđa način kretanja naelektrisanih čestica u magnetnom polju.</p> <p>Uspoređuje Lorentzovu i Amperevu silu.</p> <p>Rješava kvalitativne i kvantitativne probleme koji se odnose na magnetno polje električne struje i djelovanje magnetnog polja na naboj u kretanju.</p> <p>Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o mogućnostima primjene znanja o elektromagnetizmu u praksi (npr. elektromagnetne dizalice, ciklotron, elektromotor).</p>

## KLJUČNI SADRŽAJI

Istosmjerna struja. Električni strujni krug i električni otpor. Otpornici. Paralelno i serijsko vezivanje otpornika. Ohmov zakon (jednostavni i složeni strujni krugovi). Kirchhoffova pravila. Rad, snaga i energija električne struje.

Magnetna svojstva na nivou atoma, veličine koje karakterišu magnetno polje, elementarni magneti, Oerstedov ogled, magnetno polje provodnika sa strujom (pravolinijski i kružni provodnik, zavojnica), djelovanje magnetskoga polja na provodnike sa strujom i uzajamno djelovanje strujnih



provodnika, princip rada galvanometra, ampermetra i voltmetra, odnosi jačina gravitacionog, električnog i magnetnog polja, kretanje naboja u magnetnom polju.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline– metodičke smjernice

U devetom razredu osnovne škole uči se o istosmjernoj električnoj struji. U gimnaziji se očekuje da se u većoj mjeri uči o protjecanju električne struje kroz tečnosti, gasove i poluprovodnike. Međutim, i u gimnaziji se često ispoljavaju miskoncepcije o električnoj struji; npr. mnogi vjeruju da je baterija izvor elektrona i da jedna te ista baterija “daje” uvijek istu jačinu struje, bez obzira na kakvo kolo se spoji. Osim toga, često se vjeruje da se jačina struje troši prilikom protjecanja kroz uređaje, te vjeruju da lokalne modifikacije kola ne utječu na ostatak kola.

Preporučuje se prvo na primjeru jednostavnog kola dodatno utvrditi i produbiti znanje o temeljnim veličinama kao što su jačina struje, napon i električni otpor. Potrebno je nadovezati se na znanje elektrostatike, te npr. pokazati da kod pražnjenja kondenzatora nastaje prelazna struja. Nakon toga moguće je nadovezati se i na ideju da je za postojanje razlike potencijala nužno razdvajanje naboja, što nam služi kao polazna osnova za uvođenje pojma baterije. Nakon toga se iz perspektive transformacija energije može analizirati funkcioniranje jednostavnog kola, i miskoncepcija o trošenju jačine struje se može prevazići koncepcijom o “trošenjem, tj. degradaciji” energije. Radi funkcionalnosti znanja u praksi bitno je tumačiti i pojam električne snage, npr. značenje da je snaga sijalice 100 W.

Za efikasno učenje ove oblasti od ključnog je značaja da učenici prethodno uče o hemijskim vezama u čvrstim tijelima, energiji jonizacije i molekularno-kinetičkoj teoriji.

U osnovnoj školi učilo se o magnetizmu u devetom razredu. U gimnazijskoj nastavi produbiti znanje o ponašanju tvari u magnetskom polju, te pomoću kompleksnijeg matematičkog aparata izučavati magnetske pojave. Međutim, pokazuju se miskoncepcije o magnetizmu i u gimnaziji; npr. često vjerovanje da negativno naelektrisana šipka privlači sjeverni pol magneta, a odbija južni.

Preporučuje se najprije u kontekstu stalnih magneta uvesti pojam magnetskog polja, pri čemu će probni naboj iz elektrike zamijeniti magnetna igla kao indikator jačine i smjera magnetskog polja u određenoj tački prostora. Na osnovu činjenice da se i u prostoru oko provodnika dešava otklon magnetne igle, moguće je povezati magnetizam stalnih magneta i elektromagneta. Tu vezu moguće je dalje razvijati kroz razmatranje sila kojima neko vanjsko magnetno polje djeluje na okvir sa strujom, na sličan način kao što bi djelovalo i na stalni magnet.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Radi boljeg razumijevanja protjecanja električne struje kroz različite materijale, od ključnog je značaja kreirati poveznice sa modelom građe tvari koji se između ostalog razvija i kroz predmet Hemija. Također je moguće kreirati poveznice i sa predmetom Historija (npr. utjecaj izuma u oblasti električne struje na razvoj društva).

Moguće su poveznice sa Hemijom (npr. karakteristike materijala i podjela na feromagnete, paramagnete i dijamagnete), Biologijom (npr. transkranijalna magnetska simulacija mozga) i Geografijom (npr. magnetno polje Zemlje i navigacijski uređaji).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Moguće je razvijati tjelesno-zdravstvenu kompetenciju kroz razvijanje znanja o zaštiti od udara munje. Osim toga, moguće je razvijati i svijest o utjecaju razvoja znanja o električnoj struji na društveni razvoj. Tematika električnih auta može poslužiti za diskusiju o mogućnostima zaštite okoliša.

Razmatranje stepena korisnog djelovanja električnih uređaja može da omogući odgojno djelovanje usmjereno ka efikasnijoj i štednjoj energije. Poduzetnost i kreativno-produktivna kompetencija se može razvijati kroz implementiranje projekta iz oblasti elektromagnetizma (npr. izrada modela elektromotora).

## E

### OPTIKA I MODERNA FIZIKA

#### E.II.1

Analizira razvoj ideja o prirodi svjetlosti i primjenjuje temeljne zakone fotometrije

Analizira historijski razvoj ideja o prirodi svjetlosti i njihov značaj za razvoj moderne slike svijeta.

Uspoređuje pojmove svjetlosnog fluksa, jačine svjetlosti i osvijetljenosti.

Rješava kvantitativne i kvalitativne probleme u oblasti fotometrije.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o rasvjeti u enterijerima i eksterijerima radi postizanja optimalne osvijetljenosti i maksimalne uštede energije.

#### E.II.2

Istražuje temeljne zakonitosti i pojave iz oblasti geometrijske optike

Eksperimentalno istražuje i tumači temeljne zakone geometrijske optike.

Grafički predstavlja uz objašnjavanje prirodne pojave primjenjujući zakone geometrijske optike..

Rješava kvalitativne i kvantitativne probleme služeći se znanjem o prostiranju, odbijanju i prelamanju svjetlosti.

Izvodi zaključke o preslikavanju predmeta služeći se analitičkim i grafičkim predstavljajima (npr. preslikavanje na ogledalima i sočivima, tamna komora, preslikavanje uslijed prelamanja na ravnoj površini).

Analizira princip rada optičkih instrumenata.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama geometrijske optike u raznovrsnim autentičnim kontekstima (npr. optički kablovi, korekcije oštećenja vida, periskop).

#### E.II.3

Istražuje prirodu elektromagnetnog zračenja

Analizira historijski kontekst u kojem je došlo do postavljanja hipoteze o kvantnoj prirodi toplotnog zračenja.

Tumači dualnu prirodu elektromagnetnog zračenja.

Istražuje i putem različitih reprezentacija opisuje kako se mijenjaju svojstva toplotnog zračenja u funkciji temperature (npr. intenzitet, spektralna raspodjela).

Objašnjava kako dolazi do pojave fotoelektričnog efekta ističući poveznice sa pojavom toplotnog zračenja (npr. emisija vs apsorpcija fotona).

Uspoređuje pojave toplotnog zračenja i fotoefekta.

Rješava jednostavne kvalitativne i kvantitativne probleme vezane za pojave toplotnog zračenja i fotoefekta.

Prikuplja i procjenjuje informacije o primjenama zakona toplotnog zračenja i fotoefekta (npr. mjerenje temperature Sunca, fotoćelije).

### KLJUČNI SADRŽAJI

Priroda svjetlosti, primjena fotometrije u svrhu uštede energije, zakoni geometrijske optike. ogledala, sočiva, totalna refleksija, razlaganje svjetlosti, Huygens-ov princip, optički instrumenti.

Toplotno zračenje, Planckova hipoteza, fotoelektrični efekat, De Broglieva hipoteza, talasno-korpuskularni dualizam.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline– metodičke smjernice

U devetom razredu osnovne škole uči se o geometrijskoj optici . U gimnazijskoj nastavi se određene pojave, poput prelamanja svjetlosti izučavaju polazeći od kompleksnijeg matematičkog aparata. Ovdje je prvi susret sa osnovama fotometrije. Mnogi ne uspijevaju povezati svjetlost sa prenošenjem energije. Također, nerijetko viđenje objekata jednostavno “objašnjavaju” činjenicom da su i oko i objekt uronjeni u isto “svjetlosno more”.

Kada je u pitanju fotometrija, preporučivo je pojmove uvoditi u autentičnim kontekstima ostvarivanja optimalne osvjetljenosti u svojoj radnoj sobi, te osvjetljenosti planete Zemlje i smjeni godišnjih doba. Kada je u pitanju izvođenje temeljnih zakonitosti fotometrije, poželjan je eksperimentalni pristup koji može biti zasnovan na korištenju fotoćelija. Kod Lambertovog kosinusnog zakona bitno je istaknuti i njegova ograničenja (npr. u slučaju izvora koji nisu tačkasti). Oblast geometrijske optike moguće je obraditi u velikoj mjeri kroz izvođenje oglada sa lako pristupačnim materijalima. Pri tome je jako bitno dobro usvojiti model svjetlosne zrake i naučiti ga primjenjivati u raznovrsnim kontekstima (npr. za objašnjenje viđenja objekata). Kroz objašnjavanje prirodnih pojava, poput duge i prividne dubine jezera, te optičkih iluzija, koristiti dodatni motiv. Preslikavanje na optičkim elementima treba obraditi sistemski, ukazujući na sličnosti i razlike između pojedinih elemenata. Potrebno je istaknuti da od jedne tačke predmeta u općem slučaju polazi beskonačno mnogo zraka, ali iz praktičnih razloga pratimo samo karakteristične.

U osnovnoj školi nije izučavana kvantna fizika. Poznato je da o ovoj tematici postoje brojne miskonceptije; tako npr. često se smatra da tijela na temperaturi nižoj od 0 °C ne emituju toplotno zračenje, da se fotoelektroni iz katode izbijaju zbog postojanja baterije u kolu, te da je de Broglieva valna dužina fiksna za jednu vrstu čestice. Mnogi vjeruju da se difrakcija elektrona ne bi dešavala kada bi se elektroni ispaljivali jedan po jedan prema pukotini.

Preporučuje se toplotno zračenje obraditi u kontekstu jednostavnih eksperimenata i/ili misaonih eksperimenata, kako bi razvili svijest o tome kako smo uopšte došli do zaključaka o karakteristikama toplotnog zračenja. Imajući u vidu da je izučavanje toplotnog zračenja prokrčilo put za uvođenje kvantne hipoteze, ova tema može biti iskorištena za opis prirode fizike. Kada je u pitanju fotoefekat, potrebno je ukazati na značajnu konceptualnu vezu sa toplotnim zračenjem (emisija vs apsorpcija kvanata), te zakonitosti fotoefekta istražiti kroz virtuelni eksperiment. Pri tome je jako bitno i dobro shvatiti sve aspekte eksperimentalne postavke (npr. funkciju baterije). Pojam izlaznog rada može se zorno prikazati i kroz neke fizičke modele (npr. izbijanje loptica iz manje ili više dubokih posuda). Kada je u pitanju dualna priroda materije, potrebno je pokazati kako su saznanja o svjetlosti dovela do sličnih hipoteza o materiji. Pri tome može biti jako korisno povlačenje analogije između difrakcije svjetlosti i difrakcije elektrona. Heisenbergov eksperiment se također može efikasno uvesti u kontekstu difrakcije na jednoj pukotini.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je kreiranje poveznica sa Biologijom (npr. ljudsko oko i otklanjanje nedostataka oka sočivima; princip funkcioniranja mikroskopa), sa Informatikom (npr. prenos informacija optičkim kablovima) i Matematikom (npr. trigonometrija i geometrija).

Moguće je kreirati poveznice sa Biologijom (npr. efekti x-zraka na ljudski organizam) i Hemijom (npr. izlazni rad i energija veze).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Unutar ove tematske cjeline treba skrenuti pažnju na značaj dobre osvjetljenosti radnog prostora za zdravlje čovjeka. Također, poželjno je skrenuti pažnju na pravovremeno dijagnosticiranje problema sa vidom i modernim mogućnostima otklanjanja tih problema. Kreativno-produktivnu kompetenciju moguće je razvijati kroz implementiranje projekta (npr. kreiranje modela teleskopa).

Moguće je odgojno djelovati po pitanju potencijalne opasnosti izlaganja x-zračenju. Osim toga, učenje o toplotnom zračenju može nam pomoći da razvijemo stavove o samoj prirodi fizike. Kreativno-produktivna kompetencija se može razvijati kroz projekt o primjenama toplotnog zračenja (npr. snimanje emisije toplotnog zračenja pomoću infracrvene kamere kod razmatranja toplotne izolacije u građevinarstvu).

#### E.II.4

Procjenjuje različite modele atoma i analizira linijske spektre

Uspoređuje Thomsonov, Rutherfordov i Bohrov model atoma.

Povezuje Bohrov model atoma sa idejama o valnoj prirodi elektrona i Heisenbergovim principom neodređenosti.

Tumači mehanizam nastanka linijskih, emisijskih i apsorpcijskih spektara ističući poveznice sa zakonom očuvanja energije.

Prikuplja i procjenjuje informacije o primjenama atomske fizike u raznovrsnim kontekstima (npr. primjena lasera u medicini, modeli vođenja električne struje).

#### E.II.5

Primjenjuje znanje o nuklearnim procesima i kritički procjenjuje primjene nuklearne fizike u praksi

Uspoređuje nuklearno, elektromagnetno i gravitaciono međudjelovanje.

Tumači prirodu i svojstva alfa, beta i gama zračenja.

Piše i tumači jednostavne nuklearne reakcije polazeći od periodnog sistema elemenata i zakona očuvanja.

Rješava kvantitativne i kvalitativne probleme koji uključuju defekt mase.

Prikuplja i procjenjuje informacije o utjecaju radioaktivnog zračenja na žive organizme, te referira na pravila u oblasti radijacijske i nuklearne sigurnosti u BiH.

Prikuplja i procjenjuje informacije o primjenama nuklearne fizike u raznovrsnim kontekstima (npr. medicinska dijagnostika i terapija, radiokarbonsko datiranje, generiranje energije).

### KLJUČNI SADRŽAJI

Modeli atoma, atomski spektri, Bohrov model atoma, kvantno-mehanički model atoma, međudjelovanje nukleona u jezgri, energija veze jezgra i defekt mase, radioaktivnost, nuklearna energija, nuklearne reakcije, djelovanje radioaktivnog zračenja na žive organizme.

### PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

#### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline– metodičke smjernice

U osnovnoj školi na konceptualnom nivou učilo se o temeljnim osobinama atoma i atomskih jezgara. U gimnazijskoj nastavi se ovo znanje produbljuje i proširuje primarno kroz razmatranje kvantnomehaničke slike atoma. Jedna od poznatih miskoncepcija u ovoj oblasti sastoji se u ne prihvatanju ideje da prilikom sudara atoma sa drugim atomima može doći do njihovog pobuđivanja. Kada je u pitanju nuklearna fizika često se smatra da radioaktivni raspad dovodi do nestanka jezgra, umjesto do njegove transformacije.

Bitno je razviti svijest da atomi veliku većinu vremena provode u osnovnom stanju, a da do pobuđivanja u viša energetska stanja može doći kroz sudare. Također je nužno istaknuti da su atomski spektri odraz

strukture energetskih nivoa atoma, te da se atomi kroz analizu spektra mogu jednoznačno identificirati. Kada je u pitanju nuklearna fizika potrebno je povezati radioaktivni raspad sa nestabilnošću određenih jezgri.

## 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je kreirati značajne poveznice sa Hemijom (npr. objašnjenje periodnog sistema elemenata) i sa Biologijom (npr. efekti nuklearnog zračenja na ljudski organizam).

## 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Ova oblast nudi dobar kontekst za upoznavanje sa zakonskom regulativom u oblasti jonizujućeg zračenja. Moguće je kod razvijati svijest o prednostima (npr. nuklearna energija; nuklearna medicina) i opasnostima razvoja fizike (npr. nuklearna bomba; nuklearne nesreće u Fukushimi i Chernobylyu).

# A

## PRIRODA FIZIKE I NAUČNI METOD

### A.II.1

Primjenjuje eksperimentalni metod u kontekstu fizike.

Provodi samostalno eksperimentalna istraživanja otvorenog tipa: identifikuje predmet istraživanja, prikuplja relevantne podatke, kreira modele, bira metode istraživanja, te analizira i prezentira rezultate istraživanja.

Računa i analizira mjerne pogreške.

Evaluirá izbor eksperimentalnih metoda polazeći od procjene nedostataka eksperimentalne postavke i poteškoća u mjerenju.

Predlaže poboljšanja u dizajnu eksperimenta.

Prikuplja i obrađuje podatke koristeći se modernim tehnologijama (npr. software za obradu podataka, digitalna videoanaliza, senzori).

### A.II.2

Primjenjuje matematički metod u kontekstu fizike.

Izvršava operacije nad vektorima (slaganje, razlaganje, množenje vektora skalarom, skalarni i vektorski proizvod dva vektora) u kontekstu opisivanja i rješavanja fizikalnih problema.

Koristi i trigonometrijsku funkciju u kontekstu rješavanja fizikalnih problema.

Rješava aproksimacijske i kontekstualno bogate probleme, te općenito probleme koji zahtijevaju kombinovanje većeg broja relacija.

Kritički se odnosi prema postavci i rješenju problema, te razlikuje relevantne od irelevantnih informacija.

Izvodi opći (simbolički) izraz za nepoznatu fizičku veličinu.

Predlaže vlastite primjere fizikalnih problema.

### A.II.3

Objašnjava prirodne pojave, međudjelovanja i procese pozivajući se na osnovne principe fizike i koristeći vokabular fizike.

Koristi raznovrsne tehnologije u sakupljanju, obradi i predstavljanju informacija.

Primjenjuje komunikacijske vještine u kontekstu fizike.

Tumači i koristi raznovrsne opće (riječi, crteži, grafikoni, tabele, matematički izrazi, makete, simulacije, video-snimci) i oblasno-specifične reprezentacije fizikalnih sadržaja i procesa.

Izveštava o rezultatima svog rada na način koji je prikladan karakteristikama ciljne publike, pri čemu je komuniciranje ideja potkrijepljeno čvrstim naučnim argumentima.

## KLJUČNI SADRŽAJI

Svi sadržaji predviđeni za izučavanje u drugom razredu gimnazije.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Eksperimentalni metod

Svi učestvuju u eksperimentalnim istraživanjima i fizičkih pojava putem demonstracionih oglada, laboratorijskog ili projektnog rada: Provjera zakonitosti kod gasnih izoprocesa, Određivanje specifičnoga toplotnog kapaciteta kalorimetrom, Zavisnost perioda matematičkog klatna o dužini klatna, Mjerenje koeficijenta površinskog napona, Određivanje brzine zvuka u vazduhu, Mjerenje frekvencije zvuka – rezonancija vazdušnog stuba u staklenoj cijevi.

Ovu listu potrebno je shvatiti samo kao preporuku, koja može biti i proširena na osnovu procjene nastavnika i koja odražava jedan od od mogućih konteksta za razvijanje učeničkih vještina korištenja eksperimentalnog metoda u nastavi fizike za drugi razred gimnazije.

Prilikom izvođenja eksperimenata iz kalorike potrebno je posvetiti posebnu pažnju na sigurnost eksperimentiranja sa toplotnim izvorima i podsticati izvođenje oglede sa lako pristupačnim materijalima.

### 2. Matematički metod

Potrebno je insistirati na metodičkom pristupu izradi fizikalnih zadataka: vizualizacija, fizikalna rasprava, kreiranje i implementacija matematičkog plana, kritički osvrt na rješenje zadatka.

Matematičko znanje koje se odnosi na rješavanje linearnih i kvadratnih jednačina treba razvijati i u ovom razredu, a također i znanja iz trigonometrije.

### 3. Ovladavanje komunikacijskim vještinama u kontekstu fizike

Potrebno je, u nastavi, kod uvođenja novih pojmova zahtijevati opis tih pojmova jezikom svakodnevnice, kako bi se uočile eventualne jezičke miskoncepcije i omogućio proces konceptualne promjene.

Treba insistirati na kombiniranju velikog broja različitih prikaza informacija i na aktivnostima prevođenja jednih prikaza u druge. Također, potrebno je pripremiti brojne prilike za komuniciranje o fizikalnim pojavama i procesima – bilo da se radi o diskutiranju o ishodima eksperimenta, prezentiranju seminarskog rada ili pisanju pripreme za eksperimentalni rad.

► Srednje ► III.

Godine učenja i podučavanja predmeta: 6

A

PRIRODA FIZIKE I NAUČNI METOD

### A.III.1

Primjenjuje eksperimentalni metod u kontekstu fizike.

Provodi samostalno eksperimentalna istraživanja otvorenog tipa: identifikuje predmet istraživanja, prikuplja relevantne podatke, kreira modele, bira metode istraživanja, te analizira i prezentira rezultate istraživanja.

Računa i analizira mjerne pogreške.

Evaluiira izbor eksperimentalnih metoda polazeći od procjene nedostataka eksperimentalne postavke i poteškoća u mjerenju.

Predlaže poboljšanja u dizajnu eksperimenta.

Prikuplja i obrađuje podatke koristeći se modernim tehnologijama (npr. software za obradu podataka, digitalna videoanaliza, senzori).

### A.III.2

Primjenjuje matematički metod u kontekstu fizike.

Izvršava operacije nad vektorima (slaganje, razlaganje, množenje vektora skalarom, skalarni i vektorski proizvod dva vektora) u kontekstu opisivanja i rješavanja fizikalnih problema.

Koristi eksponencijalnu, logaritamsku i trigonometrijsku funkciju u kontekstu rješavanja fizikalnih problema.

Rješava aproksimacijske i kontekstualno bogate probleme, te općenito probleme koji zahtijevaju kombinovanje većeg broja relacija.

Kritički se odnosi prema postavci i rješenju problema, te razlikuje relevantne od irelevantnih informacija.

Izvodi opći (simbolički) izraz za nepoznatu fizičku veličinu.

Predlaže vlastite primjere fizikalnih problema.

### A.III.3

Primjenjuje komunikacijske vještine u kontekstu fizike.

Objašnjava prirodne pojave, međudjelovanja i procese pozivajući se na osnovne principe fizike i koristeći vokabular fizike.

Diskutuje i evaluiira određena naučna rješenja u specifičnim primjenama (korist za društvo, ekonomiju, politiku, ekologiju i sl.)

Koristi raznovrsne tehnologije u sakupljanju, obradi i predstavljanju informacija.

Tumači i koristi raznovrsne metode izražavanja (riječi, crteži, grafikoni, tabele, matematički izrazi, makete, simulacije, video-snimci) i oblasno-specifične reprezentacije (sheme električnih krugova, fazorski dijagrami) fizikalnih sadržaja i procesa.

Izvještava o rezultatima svoga rada na način koji je prikladan karakteristikama ciljne publike, Uz adekvatnu naučnu argumentaciju.

Kod kreiranja pisanih radova, na prikladan način citira i popisuje izvore informacija.

## KLJUČNI SADRŽAJI

Svi sadržaji predviđeni za izučavanje u trećem razredu.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA



### 1. Eksperimentalni metod

Samostalno, u tandemu ili grupi preporučuje se učešće u eksperimentalnom istraživanju fizičkih pojava putem demonstracionih oglada, labaratorijskog ili projektnog rada: Horizontalni i kosi hitac, Primjena II Newtonovog zakona, Primjena zakona održanja energije i impulsa, Provjera zakona očuvanja momenta impulsa, Termodinamički procesi, Istraživanje magnetnog polja zavojnice, Međusobna i samoindukcija.

Prilikom izvođenja eksperimenata sa električnom strujom potrebno je posvetiti posebnu pažnju na sigurnost i zaštitu od strujnog udara i podsticati izvođenje oglada sa lako pristupačnim materijalima.

### 2. Matematički metod

Potrebno je inzistirati na metodičkom pristupu izradi fizikalnih zadataka: vizualizacija, fizikalna rasprava, kreiranje i implementacija matematičkog plana, kritički osvrt na rješenje zadatka.

Osim toga treba koristiti znanja iz trigonometrije i znanja o kompleksnim brojevima prilikom učenja o izmjeničnoj struji.

### 3. Ovladavanje komunikacijskim vještinama u kontekstu fizike

Potrebno je kod uvođenja novih pojmova u nastavi, zahtijevati da opis shvatanja pojmova na osnovu jezika svakodnevnice, kako bi se uočile eventualne jezičke miskoncepcije i omogućio proces konceptualne promjene.

Potrebno je insistirati na kombiniranju velikog broja različitih prikaza informacija i na aktivnostima prevođenja jednih prikaza u druge. Također, potrebno je priuštiti brojne prilike za komuniciranje o fizikalnim pojavama i procesima – bilo da se radi o diskutovanju o ishodima eksperimenta, prezentiranju seminarskog rada ili pisanju pripreme za eksperimentalni rad. Komunikacijske vještine se mogu dodatno razvijati u kontekstu interpretiranja shema električnih krugova.

## B MEHANIKA

### B.III.1

#### Istražuje složena kretanja

Razlikuje pravolinijska i složena kretanja, te u tom kontekstu ističe princip nezavisnosti kretanja.

Koristi raznovrsne tehnologije/pristupe (npr. digitalna video analiza) za istraživanje složenih kretanja.

Povezuje izgled putanje sa promjenom vektora brzine tokom vremena.

Kreira različite reprezentacije (dijagram kretanja, tabela, grafikon, formule) za predstavljanje zakonitosti složenog kretanja tijela, te uspostavlja veze između različitih reprezentacija.

Rješava kvalitativne i kvantitativne fizikalne probleme koji uključuju složena kretanja.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o složenim kretanjima u raznovrsnim kontekstima (npr. sport).

### B.III.2

Istražuje vezu između sile koja djeluje na tijelo i kretanja tijela

Eksperimentalno i matematički određuje različite vrste sila.

Crta i tumači dijagram sile za veliki broj različitih konteksta.

Eksperimentalno istražuje vezu između ukupne sile koja djeluje na tijelo i promjene impulsa tijela, ističući posljedice te veze u raznovrsnim kontekstima (npr. sport, saobraćaj).

Koristi I, II i III Newtonov zakon radi rješavanja kvalitativnih, kvantitativnih i praktičnih problema u kontekstu pravolinijskih i složenih kretanja.

### B.III.3

Primjenjuje znanje o gravitacionom međudjelovanju tijela i objašnjava jednostavne pojave iz oblasti nebeske mehanike

Primjenjuje Newtonov zakon gravitacije radi rješavanja kvalitativnih i kvantitativnih složenih problema.

Tumači konceptualno značenje Keplerovih zakona.

Analizira povezanost Keplerovih zakona sa Newtonovim zakonom gravitacije. Tumači konceptualno značenje prve, druge i treće kosmičke brzine.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o vještačkim i prirodnim satelitima.

## KLJUČNI SADRŽAJI

Promjenjivo pravolinijsko kretanje, princip nezavisnosti kretanja, relativnost kretanja, kretanje u gravitacionom polju, pravac brzine pri kretanju po krivoj liniji.

Newtonovi zakoni, princip nezavisnosti djelovanja sila, slaganje i razlaganje sila (elastična sila, sila trenja, centripetalna sila), reaktivno kretanje, trenje klizanja i kotrljanja, težina tijela, strma ravan, Keplerovi zakoni, Newtonov zakon gravitacije, gravitaciono polje, kosmičke brzine.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

U gimnaziji se u većoj mjeri uvažava vektorska priroda pojedinih kinematičkih veličina, a osim pravolinijskih, izučavaju se i krivolinijska kretanja. Međutim, i u gimnazijskoj nastavi treba uzimati u obzir miskoncepcije o kinematičkim pojmovima (npr. "ubrzanje je isključivo povezano sa promjenom intenziteta brzine", "negativno ubrzanje mora značiti da intenzitet brzine postaje manji") i grafovima (npr. shvatanje grafa kao "slike kretanja"), kao i poteškoće u izražavanju (npr. miješanje intervala i trenutka, te korištenje pojma "početnog trenutka").

Radi prevazilaženja pomenutih poteškoća preporučuje se kombiniranje velikog broja reprezentacija: riječi, crteža (dijagrama kretanja), grafikona i formula. Naročito je korisna aktivnost predstavljanja kretanja dijagramom kretanja, tj. nekom vrstom stroboskopskog snimka unutar kojeg se nanose vektori brzine i/ili ubrzanja. Nakon toga se može od tražiti da se za dijagram kretanja skicira odgovarajući grafikon. Sve ove aktivnosti potrebno je obavezno popratiti intenzivnim verbalnim objašnjenjima. Kada je u pitanju kretanje u dvije dimenzije potrebno ga je glatko nadovezati na pravolinijska kretanja, pažljivim uvođenjem principa nezavisnosti kretanja. Korištenje trigonometrijske funkcije treba da je ograničeno na definiciju temeljnih funkcija i najjednostavnije primjene.

O poveznici sile i kretanja, te o gravitacionim pojavama, se već učilo u I razredu. Prije pristupanja rješavanju računskih zadataka poželjno je naučiti identificirati sile koje djeluju na tijela i crtati odgovarajuće dijagrame sila. Pri tome je preporučivo uvesti pojam sistema i okoline, te za početak tijelo čije kretanje analiziramo posmatrati kao sistem, a sve ostalo kao okolinu. Sile koje se pojavljuju na granici sistema i okoline su onda kontaktne sile, koje treba razlikovati od sila koje djeluju "na daljinu". Što se tiče različitih vrsta sila, pojedine vrste sila se mogu okvirno uvesti i prije njihovog dubljeg razmatranja (npr. elastična i gravitaciona). Nakon

što se razvije vještina identificiranja sila, potrebno je kreirati poveznicu sa pojmom kretanja. Vjerovanje da kretanja može biti samo ako ima i djelovanja sile, treba zamijeniti vjerovanjem da promjene kretanja, tj. promjene brzine, ima samo ako ima i djelovanja sile. Napokon, moguće je pristupiti rješavanju računskih zadataka. Kružno kretanje je moguće situirati u kontekst kretanja određenih nebeskih tijela. Kada je u pitanju kretanje satelita, kroz različite primjere treba pokušati objasniti da se sateliti nalaze u stanju sličnom slobodnom padu, ali se ne približavaju Zemljinoj površini jer se istom brzinom kojom oni padaju i Zemljina površina zakrivljuje.

## 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Postoji mogućnost kreiranja značajnih poveznica sa predmetom Matematika, posebno po pitanju korištenja kvadratne funkcije i osnovnih trigonometrijskih funkcija. Preporučuje se kreiranje plana korištenja pomenutih funkcija u fizici u uskoj suradnji sa predmetnim nastavnikom/com matematike.

Moguće je kreiranje značajnih poveznica sa nastavom Geografije (npr. kretanje Zemlje oko Sunca, GIS), te sa Biologijom i Tjelesnim odgojem (npr. biomehanika, fizika različitih sportskih disciplina).

## 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Ova tematska cjelina može značajno doprinijeti razvijanju čitalačke pismenosti, kroz podsticanje povezivanja i kombiniranja različitih načina predstavljanja informacija (npr. tekst i grafikone).

Moguće je iz fizikalne perspektive prodiskutovati određene aspekte sigurnosti u saobraćaju (npr. značaj držanja odstojanja, korisnost air-baga), ali i određene situacije iz sporta (npr. ublažavanje pada u džudu). Digitalne kompetencije se mogu unaprijediti kroz razmatranje GIS-a.

### B.III.4

#### Istražuje obrtno kretanje tijela

Uspostavlja veze i odnose između veličina koje opisuju translatorno i obrtno kretanje (npr. impuls - moment impulsa, sila - moment sile, masa - moment inercije).

Razlikuje kružno i obrtno kretanje tijela.

Eksperimentalno istražuje i opisuje međuovisnost ukupnog momenta sile, momenta inercije i ugaonog ubrzanja tijela.

Rješava kvalitativne, kvantitativne i praktične probleme u kontekstu fizike obrtnog kretanja.

Objašnjava primjene obrtnog kretanja u praksi (npr. efekat centrifuge).

### B.III.5

#### Istražuje statičke zakonitosti i primjene znanja o prostim mehanizmima u praksi

Primjenjuje osnovne zakonitosti statike u raznovrsnim kontekstima (npr. sport, biomehanika, te građevinska i mašinska industrija).

Izrađuje proste mehanizme i objašnjava princip njihovog rada.

Izvodi uslove ravnoteže za različite proste mehanizme.

Rješava kvalitativne, kvantitativne i praktične probleme koji zahtijevaju primjenu znanja o prostim mehanizmima.

Prikuplja i prezentira informacije o primjeni zakona statike u raznovrsnim kontekstima (npr. sigurnosni propisi pri konstrukciji i gradnji, biomehanika, sport).

### B.III.6

Analizira pojam energije, njene različite forme i pretvorbe

Analizira veze i odnose između sile, energije, rada i snage, verbalno i matematički.

Kombinuje koncepte rada, snage i energije radi rješavanja kvalitativnih, kvantitativnih i praktičnih problema.

Prikuplja informacije i analizira kalorijski deficit/suficit u kontekstu razvijanja zdravih prehrambenih navika.

## KLJUČNI SADRŽAJI

Moment sile, moment inercije, moment impulsa, analogija translatornog kretanja i rotacionog, energija pri rotacionom kretanju, zakoni održanja. prosti mehanizmi.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

O obrtnom kretanju po prvi put se uči u gimnazijskoj nastavi fizike. Mnoge miskoncepcije iz oblasti translatornog kretanja postoje u analognoj formi u oblasti obrtnog kretanja (npr. “ukoliko postoji konstantna ugaona brzina, postoji i moment sile koji ju održava”, “negativno ugaono ubrzanje znači usporavanje”).

Za početak treba ukazati na sličnosti i razlike između kružnog kretanja materijalne tačke i obrtnog kretanja krutog tijela. Preporučivo je poučavanje započeti ponavljanjem kinematike kružnog kretanja materijalne tačke, te na konkretnom primjeru pokazati da se iste veličine (npr. ugaoni pomak, ugaona brzina, ugaono ubrzanje) mogu koristiti i kod razmatranja obrtnog kretanja krutog tijela. Zatim se može preći na pitanje uzroka ugaonog ubrzanja, tj. na uvođenje momenta sile kao vektorske veličine koja ima intenzitet i smjer (npr. u kontekstu otvaranja odškrinutih vrata). Izraz za moment sile potrebno je primijeniti u zornim kontekstima, te diskutovati u svakom od konteksta o osi obrtanja i kraku sile. Najzad, je moguće razmatrati efekte djelovanja momenta sile u različitim kontekstima, s posebnim akcentom na moment sile koji proizvodi gravitaciona sila, te kontekst kotrljanja. Treba primijetiti da se dobar dio gradiva može obraditi kroz pažljivo povlačenje analogije sa translatornim kretanjem.

Nakon obrade obrtnog kretanja, potrebno je kroz raznovrsne aktivnosti omogućiti utvrđivanje i produbljivanje stečenog znanja u kontekstu statike i prostih mehanizama. Prosti mehanizmi se sada mogu obraditi na višem matematičkom nivou nego u osnovnoj školi.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je ostvariti značajne poveznice sa Biologijom i Tjelesnim odgojem (npr. biomehanika, džudo).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Moguće je razvijati svijest o značaju uvažavanja sigurnosnih propisa u građevinarstvu, te o vezama između fizike i inženjerstva, općenito. Svijest o primjenjivosti fizike u svakodnevnici, moguće je također razvijati kroz razmatranje fizike obrtnog kretanja u kontekstu vožnje bicikla. Osim toga, kreativno-produktivna kompetencija se može razvijati kroz projekte koji uključuju dizajniranje i/ili izradu jednostavnih mehaničkih mašina.

<p>B.III.7</p> <p>Eksperimentalno istražuje i primjenjuje zakone očuvanja u kontekstu translatornog i obrtnog kretanja</p>	<p>Tumači procese posredstvom kojih sistem prelazi od početnog do finalnog stanja.</p> <p>Objašnjava kako može doći do promjene energije, impulsa i/ili momenta impulsa sistema.</p> <p>Eksperimentalno istražuje zakone očuvanja.</p> <p>Primjenjuje zakone očuvanja energije, impulsa i momenta impulsa u raznovrsnim složenim kontekstima (npr. raspršenje kod sudara).</p> <p>Povezuje različita stanja sistema koristeći se energetske dijagramima.</p>
<p>B.III.8</p> <p>Analizira strujanje fluida i kretanje tijela kroz fluid</p>	<p>Tumači osnovne pojmove dinamike fluida (npr. strujna cijev, strujna linija, protok, dinamički pritisak, visinski pritisak, viskoznost, otpor sredine).</p> <p>Razlikuje laminarno i turbulentno strujanje.</p> <p>Povezuje jednačinu kontinuiteta i Bernoullijevu jednačinu sa svojstvom nestišljivosti fluida i teoremom o energiji i radu, respektivno.</p> <p>Primjenjuje jednačinu kontinuiteta, Bernoullijevu jednačinu i izraze za otpor sredine prilikom rješavanja kvalitativnih i kvantitativnih problema.</p> <p>Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama zakonitosti dinamike fluida u svakodnevici i tehnici (npr. vodosnabdijevanje, avioni, izvođenje slobodnog udarca u fudbalu).</p>
<p>B.III.9</p> <p>Istražuje oscilatorno kretanje</p>	<p>Uspostavlja kvalitativne i kvantitativne veze između harmonijskog oscilovanja i jednolikog kružnog kretanja.</p> <p>Eksperimentalno istražuje i analizira faktore o kojima ovisi period oscilovanja matematičkog, fizičkog i elastičnog klatna (opruga).</p> <p>Tumači grafikonski prikaz ovisnosti elongacije o vremenu služeći se terminima koji opisuju oscilatorno kretanje (npr. početna faza, faza, elongacija, amplituda, period, brzina oscilovanja).</p> <p>Uspoređuje slobodne, prinudne i prigušene oscilacije polazeći od ključnog koncepta energije.</p> <p>Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o rezonanciji i njenim primjenama u svakodnevici i tehnici (npr. građevinska industrija, akustika).</p>

## KLJUČNI SADRŽAJI

Mehanička energija, mehanički rad, snaga, stepen korisnog djelovanja, održavanje ukupne mehaničke energije, impulsa i momenta impulsa.

Pritisak, Paskalov zakon, hidrostatički pritisak, potisak, Archimedesov zakon, atmosferski pritisak, protok, jednačina kontinuiteta, Bernoullijeva jednačina i viskoznost.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

## **1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline– metodičke smjernice**

U osnovnoj školi se stiču prvo znanje o energiji, radu i snazi, te razmatraju transformacije i očuvanje energije u jednostavnim kontekstima. U gimnaziji se očekuje da se među pojmovima energije, rada i snage stvara više kvantitativnih poveznica, te da se pozna više kvantitativnih izraza za različite vrste energije. Konceptualni okvir učenja o energiji je sličan kao i u osnovnoj školi, te uključuje vrste energije, transformacije energije, degradaciju energije i očuvanje energije. Očekuje se sistematska primjena zakona očuvanja energije, impulsa i momenta impulsa, te da razumijevanje veze između zakona o očuvanju energije i teorema o energiji i radu.

Unutar ove tematske cjeline od suštinskog je značaja obezbijediti razumijevanje pojava fizikalnog sistema i okoline, kao i odgovarajuću podjelu na vanjske i unutrašnje sile (ili momente sila), te na konzervativne i nekonzervativne sile. Tek nakon što smo se uvjerali da se razumiju ove podjele, te da postoji sposobnost identificiranja sile u konkretnim situacijama, moguće je zahtijevati rješavanje fizikalnih problema polazeći od zakona očuvanja. Pri tome se snažno preporučuje demonstrirati da primjenjivost zakona očuvanja energije ovisi o izboru fizikalnog sistema; korisno je isti problem pokušati riješiti, kako na osnovu zakona očuvanja mehaničke energije, tako i na osnovu teorema o energiji i radu (za drugačiji izbor fizikalnog sistema).

O statički fluida prvi put se uči u osmom razredu osnovne škole, primarno na konceptualnom nivou. U gimnazijskoj nastavi se očekuje da znanje o statički fluida bude primjenjeno radi rješavanja nešto složenijih kvalitativnih, kvantitativnih i praktičnih problema, te da se počne učiti i o zakonitostima koje vrijede za strujanje fluida. Međutim, i u gimnaziji se teško prihvata činjenica da pritisak u fluidima djeluje na sve strane podjednako, te se pogrešno vjeruje da je sila potiska veća što je tijelo manje uronjeno u tečnost. Također, prilikom određivanja apsolutnog pritiska, nerijetko se zaboravljaju uvažiti i doprinos atmosferskog pritiska. Kada je u pitanju dinamika fluida, često se zaboravlja da je Bernoullijevu jednačinu jedino dozvoljeno primjenjivati za poređenje pritisaka/brzina duž jedne te iste strujne linije.

Preporučuje se uvođenje pritiska kao djelovanja jednog sloja fluida silom po jedinici površine posude ili po jedinici površine drugog sloja fluida). Zatim je kroz misaoni eksperiment (npr. uho na istoj dubini, ali različito orijentirano) potrebno razviti svijest da pritisak djeluje na sve strane podjednako. Nakon demonstriranja i izvođenja izraza za hidrostatički pritisak i silu potiska, treba pripremiti niz prilika za primjenu stečenog znanja.

Kada je u pitanju dinamika fluida, potrebno je naglasiti vezu Bernoullijeve jednačine sa zakonom očuvanja mehaničke energije, te prilikom njenog izvođenja konzistentno razmatrati odnos datog sistema (elementa fluida) i okoline. Ubrzanje fluida kroz uski dio cijevi treba povezati sa II Newtonovim zakonom, tj. sa silom koja u ovom slučaju proističe iz razlike pritisaka između šireg i užeg dijela cijevi. Zatim treba insistirati na primjeni Bernoullijeve jednačine u brojnim kontekstima, pri čemu treba obratiti pažnju da se ona isključivo koristi za poređenje brzina/pritisaka duž jedne te iste strujne linije. Kada je u pitanju viskoznost, izričito se preporučuje primjena i uvođenje znanja u kontekstu fizike ljudskog organizma.

## **2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije**

Moguće je kreiranje poveznica sa Biologijom (npr. skladištenje energije kod čovjeka), Hemijom (npr. energija hemijske veze) i Tjelesnim odgojem (npr. ostvarivanje kalorijskog deficita). Također su moguće i poveznice sa Geografijom (npr. izbor prikladne lokacije za gradnju vjetroelektrane) i Historijom (npr. energetske resursi i mirovno pitanje).

Moguće je ostvariti značajne poveznice sa nastavom Biologije (npr. poređenje krvnog pritiska kod čovjeka i žirafe; opasnost začepljenja krvnih sudova) i Geografije (npr. rijeke).

## **3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup**

Moguće je odgojno djelovati u smjeru razvijanja životnih navika koje pogoduju očuvanju životne okoline. To se primjerice može postići kroz razvijanje svijesti o značaju štednje energije i korištenje alternativnih izvora

energije (npr. rasprava o energetske klasama različitih uređaja). Kreativno-produktivna i poduzetnička kompetencija se mogu razvijati kroz implementiranje projekta na temu energije i zaštite okoliša.

Moguće je ukazati na potencijalne opasnosti do kojih može doći prilikom ronjenja, ali i prodiskutovati neke druge efekte po zdravlje čovjeka koji su posljedica promjene nadmorske visine. Također postoji značajan prostor za razvijanje kreativno-produktivne i poduzetničke kompetencije u okviru implementacije projekata (npr. izrada modela podmornice, hidraulične kočnice, sistem vodosnabdijevanja).

### B.III.8

#### Analizira strujanje fluida i kretanje tijela kroz fluid

Tumači osnovne pojmove dinamike fluida (npr. strujna cijev, strujna linija, protok, dinamički pritisak, visinski pritisak, viskoznost, otpor sredine).

Razlikuje laminarno i turbulentno strujanje.

Povezuje jednačinu kontinuiteta i Bernoullijevu jednačinu sa svojstvom nestišljivosti fluida i teoremom o energiji i radu, respektivno.

Primjenjuje jednačinu kontinuiteta, Bernoullijevu jednačinu i izraze za otpor sredine prilikom rješavanja kvalitativnih i kvantitativnih problema.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama zakonitosti dinamike fluida u svakodnevici i tehnici (npr. vodosnabdijevanje, avioni, izvođenje slobodnog udarca u fudbalu).

### B.III.9

#### Istražuje oscilatorno kretanje

Uspostavlja kvalitativne i kvantitativne veze između harmonijskog oscilovanja i jednolikog kružnog kretanja.

Eksperimentalno istražuje i analizira faktore o kojima ovisi period oscilovanja matematičkog, fizičkog i elastičnog klatna (opruga).

Tumači grafikonski prikaz ovisnosti elongacije o vremenu služeći se terminima koji opisuju oscilatorno kretanje (npr. početna faza, faza, elongacija, amplituda, period, brzina oscilovanja).

Uspoređuje slobodne, prinudne i prigušene oscilacije polazeći od ključnog koncepta energije.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o rezonanciji i njenim primjenama u svakodnevici i tehnici (npr. građevinska industrija, akustika).

## KLJUČNI SADRŽAJI

Mehanička energija, mehanički rad, snaga, stepen korisnog djelovanja, održavanje ukupne mehaničke energije, impulsa i momenta impulsa.

Pritisak, Paskalov zakon, hidrostatički pritisak, potisak, Archimedesov zakon, atmosferski pritisak, protok, jednačina kontinuiteta, Bernoullijeva jednačina i viskoznost.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline– metodičke smjernice

U osnovnoj školi se stiču prvo znanje o energiji, radu i snazi, te razmatraju transformacije i očuvanje energije u jednostavnim kontekstima. U gimnaziji se očekuje da se među pojmovima energije, rada i snage stvara više kvantitativnih poveznica, te da se pozna više kvantitativnih izraza za različite vrste energije. Konceptualni okvir učenja o energiji je sličan kao i u osnovnoj školi, te uključuje vrste energije,



transformacije energije, degradaciju energije i očuvanje energije. Očekuje se sistematska primjena zakona očuvanja energije, impulsa i momenta impulsa, te da razumijevanje veze između zakona o očuvanju energije i teorema o energiji i radu.

Unutar ove tematske cjeline od suštinskog je značaja obezbijediti razumijevanje pojava fizikalnog sistema i okoline, kao i odgovarajuću podjelu na vanjske i unutrašnje sile (ili momente sila), te na konzervativne i nekonzervativne sile. Tek nakon što smo se uvjerali da se razumiju ove podjele, te da postoji sposobnost identificiranja sile u konkretnim situacijama, moguće je zahtijevati rješavanje fizikalnih problema polazeći od zakona očuvanja. Pri tome se snažno preporučuje demonstrirati da primjenjivost zakona očuvanja energije ovisi o izboru fizikalnog sistema; korisno je isti problem pokušati riješiti, kako na osnovu zakona očuvanja mehaničke energije, tako i na osnovu teorema o energiji i radu (za drugačiji izbor fizikalnog sistema).

O statici fluida prvi put se uči u osmom razredu osnovne škole, primarno na konceptualnom nivou. U gimnazijskoj nastavi se očekuje da znanje o statici fluida bude primjenjeno radi rješavanja nešto složenijih kvalitativnih, kvantitativnih i praktičnih problema, te da se počne učiti i o zakonitostima koje vrijede za strujanje fluida. Međutim, i u gimnaziji se teško prihvata činjenica da pritisak u fluidima djeluje na sve strane podjednako, te se pogrešno vjeruje da je sila potiska veća što je tijelo manje uronjeno u tečnost. Također, prilikom određivanja apsolutnog pritiska, nerijetko se zaboravljaju uvažiti i doprinos atmosferskog pritiska. Kada je u pitanju dinamika fluida, često se zaboravlja da je Bernoullijevu jednačinu jedino dozvoljeno primjenjivati za poređenje pritiska/brzina duž jedne te iste strujne linije.

Preporučuje se uvođenje pritiska kao djelovanja jednog sloja fluida silom po jedinici površine posude ili po jedinici površine drugog sloja fluida). Zatim je kroz misaoni eksperiment (npr. uho na istoj dubini, ali različito orijentirano) potrebno razviti svijest da pritisak djeluje na sve strane podjednako. Nakon demonstriranja i izvođenja izraza za hidrostatički pritisak i silu potiska, treba pripremiti niz prilika za primjenu stečenog znanja.

Kada je u pitanju dinamika fluida, potrebno je naglasiti vezu Bernoullijeve jednačine sa zakonom očuvanja mehaničke energije, te prilikom njenog izvođenja konzistentno razmatrati odnos datog sistema (elementa fluida) i okoline. Ubrzanje fluida kroz uski dio cijevi treba povezati sa II Newtonovim zakonom, tj. sa silom koja u ovom slučaju proističe iz razlike pritiska između šireg i užeg dijela cijevi. Zatim treba insistirati na primjeni Bernoullijeve jednačine u brojnim kontekstima, pri čemu treba obratiti pažnju da se ona isključivo koristi za poređenje brzina/pritiska duž jedne te iste strujne linije. Kada je u pitanju viskoznost, izričito se preporučuje primjena i uvođenje znanja u kontekstu fizike ljudskog organizma.

## **2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije**

Moguće je kreiranje poveznica sa Biologijom (npr. skladištenje energije kod čovjeka), Hemijom (npr. energija hemijske veze) i Tjelesnim odgojem (npr. ostvarivanje kalorijskog deficita). Također su moguće i poveznice sa Geografijom (npr. izbor prikladne lokacije za gradnju vjetroelektrane) i Historijom (npr. energetske resursi i mirovno pitanje).

Moguće je ostvariti značajne poveznice sa nastavom Biologije (npr. poređenje krvnog pritiska kod čovjeka i žirafe; opasnost začepljenja krvnih sudova) i Geografije (npr. rijeke).

## **3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup**

Moguće je odgojno djelovati u smjeru razvijanja životnih navika koje pogoduju očuvanju životne okoline. To se primjerice može postići kroz razvijanje svijesti o značaju štednje energije i korištenje alternativnih izvora energije (npr. rasprava o energetskim klasama različitih uređaja). Kreativno-produktivna i poduzetnička kompetencija se mogu razvijati kroz implementiranje projekta na temu energije i zaštite okoliša.

Moguće je ukazati na potencijalne opasnosti do kojih može doći prilikom ronjenja, ali i prodiskutovati neke druge efekte po zdravlje čovjeka koji su posljedica promjene nadmorske visine. Također postoji značajan prostor za razvijanje kreativno-produktivne i poduzetničke kompetencije u okviru implementacije projekata (npr. izrada modela podmornice, hidraulične kočnice, sistem vodosnabdijevanja).

### B.III.10

#### Istražuje talasno kretanje

Tumači mehanizme nastanka, prostiranja, apsorpcije, odbijanja i prelamanja mehaničkih talasa (npr. u kontekstu talasa na vodi).

Povezuje verbalna, grafička i analitička (talasna funkcija) predstavljanja talasnog kretanja.

Rješava kvalitativne i kvantitativne probleme u kontekstu mehaničkih talasa.

Istražuje i opisuje pojave konstruktivne i destruktivne interferencije, kao i difrakcije mehaničkih talasa (npr. u kontekstu talasa na vodi).

Objašnjava pojavu stojećih talasa u kontekstu talasa koji se prostire kroz uže.

### B.III.11

#### Primjenjuje znanje o zvučnim talasima u raznovrsnim kontekstima

Objašnjava mehanizme nastanka, prostiranja, apsorpcije, odbijanja i prelamanja zvučnih talasa, uzimajući u obzir model građe tvari i koncept energije.

Uspoređuje prostiranje zvučnih talasa kroz tečnosti, čvrsta tijela i gasove.

Tumači raznovrsne forme predstavljanja zvučnih talasa radi izvođenja zaključaka o parametrima zvučnog talasa (npr. amplituda, period, talasna dužina, brzina, jačina zvuka).

Rješava kvalitativne i kvantitativne probleme radi određivanja parametara zvučnog talasa.

Skicira i objašnjava nastanak harmonika kod različitih vrsta rezonatora.

Objašnjava pojavu Dopplerovog efekta u akustici.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama akustike u svakodnevnici i tehnici (npr. princip rada muzičkih instrumenata, prenošenje energije posredstvom talasa kod zemljotresa i cunamija, mjerenje brzine protoka krvi pomoću Dopplerovog efekta).

## KLJUČNI SADRŽAJI

Harmonijsko oscilovanje, klatno, energija oscilovanja, prinudne, neprigušene i prigušene oscilacije, rezonancija, postanak i vrste mehaničkih talasa, prijenos energije kod mehaničkih talasa, talasna funkcija, brzina talasa, Huygensov princip, odbijanje i prelamanje talasa, interferencija, difrakcija i polarizacija talasa, superpozicija talasa, stojeći talasi, zvuk, infrazvuk, ultrazvuk, svojstva zvuka, intenzitet zvuka, izvori zvuka, apsorpcija zvuka, Dopplerov efekat, ultrazvuk.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline– metodičke smjernice

O oscilacijama i talasima uči se u devetom razredu osnovne škole, pri čemu se upoznaje sa značenjem ovih pojmova i temeljnim veličinama koje karakterišu oscilatorno i talasno kretanje. Zatim se nešto više o samim pojavama kretanja radi u prvom razredu gimnazije, dok se u trećem razredu gimnazije razmatraju dodatne talasne pojave (npr. Dopplerov efekt) i intenzivnije se koristi matematički aparat (npr. računanje jačine zvuka) u odnosu na prvi razred. Mnogo je poteškoća u razumijevanju pojma faze, a razmatranje talasnog kretanja otežano je i zbog same činjenice da se kod talasa radi o funkcijama dvije promjenjive (prostorna i vremenska koordinata). Značajne poteškoće povezane su i sa činjenicom da u ovoj oblasti treba koristiti relativno zahtjevan matematički aparat, tj. trigonometrijske i logaritamske funkcije.

Preporučivo je kod opisa harmonijskog oscilovanja pristupiti egzemplarno, kroz izučavanje oscilovanja tijela na opruzi, kao tipičnog primjera harmonijskog oscilovanja. Preporučuje se istovremeno prikazivati

oscilovanje tijela i iscrtavanje grafikona ovisnosti elongacije u vremenu, te ova predstavljanja kretanja povezati sa formulom za ovisnost elongacije o vremenu. U tom kontekstu moguće je uvesti i pojam faze kao veličine kojom je određeno jedno stanje oscilovanja, a kao uzrok oscilovanja uvesti restitutionu silu. Intenzivno kombiniranje različitih reprezentacija (simulacija, grafikona, riječi i formula) preporučuje se i kod talasnog kretanja. Kako kod oscilatornog, tako i kod talasnog kretanja, prije prelaska na matematičke reprezentacije preporučuje se intenzivna verbalizacija ideja o posmatranom kretanju. Pošto je talasno kretanje funkcija kako vremenske tako i prostorne koordinate, preporučuje se analizirati talas pomoću dvije vrste grafikona: grafikon koji prikazuje ovisnost elongacije o prostornoj koordinati u fiksnom trenutku, te grafikon koji opisuje elongaciju o ovisnosti o vremenu za fiksnu prostornu tačku. Kod zvučnih talasa nužno je skrenuti pažnju na činjenicu da se čestice sredine ne kreću po sinusoidi; sinusoida samo prikazuje oscilacije pritiska u jednoj tački prostora ili vremena. Na primjeru zvučnih talasa moguće je demonstrirati kako talasi prenose energiju. Neke poteškoće proističu iz ustaljenih načina prikazivanja stojećih talasa; tako npr. treba ukazati da kod stojećih zvučnih talasa u cijevima ispunjenim vazduhom čestice ne osciluju poprečno na cijev, kao što se čini iz sinusoida kojom predstavljamo taj talas.

## 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je kreiranje značajnih poveznica sa Biologijom (npr. kako čujemo?), Psihologijom i Muzičkom kulturom (npr. muzikoterapija, princip rada muzičkih instrumenata), te Geografijom (npr. cunami, vjetar). Jako je značajno i ostvarivanje poveznica sa Matematikom (npr. korištenje logaritamskih i trigonometrijskih funkcija u autentičnim kontekstima).

## 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Potrebno je ukazati na opasnosti izlaganja buci, te na mjere zaštite koje je moguće poduzeti u slučaju zemljotresa. Moguće je provesti i projekt radi mjerenja razina buke u svom okruženju, te na taj način razvijati poduzetnost.

# C

## MOLEKULARNA FIZIKA I TERMODINAMIKA

### C.III.1

Istražuje osnovne postavke molekularno-kinetičke teorije

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o historijskom razvoju molekularno-kinetičke teorije.

Razlikuje pojmove atoma, molekule i mola.

Uspoređuje kretanje, međusobno rastojanje i međudjelovanje molekula kod tvari u različitim agregatnim stanjima.

Uspoređuje pojmove temperature i unutrašnje energije tijela.

Eksperimentalno istražuje i tumači red veličine molekule.

### C.III.2

Analizira molekularne pojave u tečnostima i čvrstim tijelima

Razlikuje kristalna i amorfna tijela.

Povezuje mehanička svojstva i deformacije tijela sa molekularnim pojavama u čvrstim tijelima.

Primjenjuje Hookeov zakon za različite vrste deformacija čvrstih tijela.

Povezuje pojavu površinskog napona, kvašenja i kapilarnosti sa molekularnim pojavama u tečnostima.

Uspoređuje toplotno širenje čvrstih tijela i tečnosti.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama znanja o molekularnim pojavama u tehnici i svakodnevici (npr. značaj kapilarnosti za živu prirodu, značaj toplotnog širenja u građevinarstvu, hidroizolacija).

### C.III.3

#### Istražuje molekularne pojave u gasovima

Uspoređuje molekularne pojave u gasovima, tečnostima i čvrstim tijelima.

Tumači statističku raspodjelu brzina čestica gasa.

Izvodi relaciju za pritisak gasa na zidove posude.

Eksperimentalno istražuje (npr. kroz virtuelni eksperiment) i tumači zakone koji vrijede za izoprocese i adijabatske procese.

Primjenjuje različite reprezentacije gasnih zakona (npr. grafikoni ili formule) radi rješavanja fizikalnih problema.

Prikuplja i kritički procjenjuje mogućnosti primjene jednačine stanja idealnog gasa u raznovrsnim kontekstima (npr. disanje kod čovjeka, princip šprice).

## KLJUČNI SADRŽAJI

Građa tvari i osnove molekularno-kinetičke teorije, temperatura, unutrašnja energija i brzine molekula, idealan plin, Avogadrov i Daltonov zakon, pritisak idealnoga plina, opća jednačina stanja idealnoga plina, Maxwellova raspodjela, izoprocesi, adijabatski proces, termičko širenje tijela, površinske i kapilarne pojave kod tečnosti.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline– metodičke smjernice

U osmom razredu osnovne škole prvi put unutar nastave fizike uči se o modelu građe tvari, nakon čega se učenici dublje upoznaju s temom u prvom razredu gimnazije (npr. dublje razmatranje međučestičnih veza). U trećem razredu očekuje se dodatno produblјivanje znanja o građi tvari, te da tako nadograđen model učenici primjene kod razmatranja pojava u čvrstim tijelima, tečnostima i gasovima. Pokazuju se poteškoće sa razumijevanjem pojma mola; nerazumijevanje da prilikom rasprave o količini tvari uvijek moramo specificirati na koju vrstu čestica se odnosi (npr. 1 g vodika sadrži 1 mol atoma vodika, ali 0.5 molova molekula vodika). Osim toga, često se ne razumiju dobro razlike između idealnog i realnog gasa.

Imajući u vidu apstraktnu prirodu ove teme, nužno je najprije predočiti zorne vizuelne modele koji ilustriraju kretanja, rastojanja i međudjelovanje čestica u čvrstim tijelima, tečnostima i gasovima. U tom kontekstu je onda potrebno uvesti temeljne pojmove molekularno-kinetičke teorije i pružiti učenicima priliku da ih koriste u što većem broju situacija. Zatim se tako izgrađen model primjenjuje za objašnjavanje molekularnih pojava u tečnostima (npr. površinski napon), čvrstim tijelima (npr. deformacije) i gasovima (npr. izoprocesi). Kod prikazivanja gasnih procesa preporučivo je objašnjenje konstruirati kroz sljedeće korake: 1) kako je proces moguće ostvariti u laboratoriji; konkretna eksperimentalna postavka 2) objašnjenje procesa pomoću modela građe tvari 3) p-V grafikon

Potrebno je razviti svijest da u posudi sa lako pokretnim klipom, u stanju ravnoteže, pritisak gasa na zidove posude samo ovisi o vanjskom pritisku kojim klip djeluje na gas (npr. uz atmosferski pritisak tu imamo još i pritisak uslijed težine klipa sa utezima).

Molekularne pojave u tečnostima i gasovima pogodne su za demonstriranje oglada sa lako pristupačnim materijalima i virtuelnim ogledima.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je ostvarivanje poveznica sa Biologijom (npr. hodanje insekata po vodi; disanje kod čovjeka; kapilarnost), Geografijom (npr. promjena temperature sa nadmorskom visinom) i Hemijom (npr. površinski napon i sapuni).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Na primjeru historijskog razvoja modela građe tvari moguće je razvijati svijest o naučnim modelima kao kulturnom blagu najvećeg ranga, te o značaju kritičkog razmišljanja i otvorenosti uma za razvoj naučne misli, a time i čovječanstva.

<p>C.III.4 Kombinuje znanje o unutrašnjoj energiji, toploti i radu</p>	<p>Istražuje različite vidove prijenosa toplotne energije u kontekstu primjera iz svakodnevnice.</p> <p>Eksperimentalno utvrđuje toplotni kapacitet datog tijela.</p> <p>Koristi jednačinu termičke ravnoteže u raznovrsnim kontekstima.</p> <p>Tumači konceptualno značenje I zakona termodinamike.</p> <p>Istražuje efikasnost različitih toplotnih procesa u praksi (npr. termoizolacija i ušteda energije u domaćinstvu, efekat staklene bašte).</p>
<p>C.III.5 Kombinuje temeljne zakone termodinamike u raznovrsnim kontekstima</p>	<p>Razlikuje termodinamička stanja i procese.</p> <p>Kombinuje znanje I i II zakona termodinamike prilikom rješavanja kvalitativnih i kvantitativnih problema.</p> <p>Uspoređuje različite interpretacije pojma entropija.</p> <p>Skicira p-V grafikon na osnovu verbalnog opisa termodinamičkog procesa.</p> <p>Određuje rad gasa (ili nad gasom) analitički ili na osnovu p-V grafikona.</p> <p>Analizira princip rada automobilskih motora, frižidera i klima uređaja, uključujući i veličine koje opisuju njihovu energetska efikasnost.</p>

#### KLJUČNI SADRŽAJI

Osnovni pojmovi termodinamike, fazni prijelazi, rad plina, količina toplote, specifični toplotni kapacitet, I zakon termodinamike, Carnotov ciklus, II zakon termodinamike, III zakon termodinamike, princip rada toplotnih mašina.

#### PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

##### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

O toplotnim pojavama učilo se u osmom razredu osnovne škole. U gimnaziji se očekuje opis toplotnih pojava služeći se nekim dodatnim veličinama (npr. entropija), te primjena u složenijim kontekstima (npr. toplotne mašine). Međutim, pokazuje se da je termodinamika jako zahtjevna, jer traži sistemsko i aproksimacijsko razmišljanje, više nego mnoge druge oblasti.

Preporučuje se uvođenje I zakona termodinamike kroz ukazivanje na ograničenja teorema o energiji i radu; ako uz makroskopsku mehaničku energiju uvedemo i unutrašnju energiju, potrebno je uz radnu interakciju uvesti i toplotnu interakciju sistema sa okolinom kao način promjene energije sistema. Pri tome se toplo preporučuje jasno uvesti konvenciju o predznacima; količina rada i toplote se uzimaju sa pozitivnim predznakom ukoliko sistem prima energiju, a inače se uzimaju sa negativnim predznakom. Utvrđivanje znanja o I zakonu termodinamike moguće je izvršiti kroz ponovno razmatranje gasnih procesa, sada iz

perspektive ovog zakona. Rad sistema i nad sistemom treba razmotriti analitički, ali obavezno i kroz interpretiranje p-V grafikona.

Treba istaknuti da I zakon termodinamike govori o očuvanju energije, a II zakon termodinamike govori o degradaciji energije do koje dolazi u transformacijama energije koje se dešavaju u toplotnim mašinama. Pojam ciklične toplotne mašine i neophodnost postojanja toplog i hladnog rezervoara moguće je uvesti kroz ogled sa staklenom špricom ispunjenom vazduhom koja se naizmjenično stavlja u vrelu i hladnu vodu i vrši rad nad malim utezima postavljenim na klip. Rad će biti pozitivan samo ukoliko prije vraćanja klipa u početni položaj klip uronimo u hladnu vodu.

Prilikom razmatranja promjene agregatnih stanja poželjno je primijeniti znanje o međučestičnim vezama, te analizirati grafikone ovisnosti temperature o vremenu za veliki broj različitih situacija.

## 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće su poveznice sa Biologijom (npr. hlađenje znojenjem), Hemijom (npr. međučestične veze kod promjene agregatnih stanja), Historijom (npr. društveno-historijske posljedice pojave toplotnih mašina), Geografijom (npr. meteorološke pojave i fizika atmosfere).

## 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Moguće je ostvariti odgojno djelovanje kada je u pitanju razvijanje stavova o efektima razvoja, nauke i tehnologije na ljudsko društvo (ti efekti mogu biti pozitivni, ali u isto vrijeme i negativni). Također, moguće je razvijati svijest o efektu staklene bašte, globalnom otopljanju i načinima čuvanja okoliša (npr. štednja energije). Moguće je razvijati kreativno-produktivnu i poduzetničku kompetenciju kroz implementaciju projekata (npr. razvoj motora na topli vazduh; Stirlingov motor).

# D

## ELEKTRICITET I MAGNETIZAM

### D.III.1

Istražuje pojavu elektromagnetne indukcije i mogućnosti njene primjene u praksi

Eksperimentalno istražuje i opisuje različite načine mijenjanja magnetnog fluksa kroz provodnik koji rezultiraju pojavom elektromagnetne indukcije.

Tumači pojavu elektromagnetne indukcije na mikroskopskom nivou (razdvajanje naboja u provodniku).

Razlikuje međusobnu indukciju i samoindukciju.

Koristi Faradayev i Lenzov zakon radi rješavanja kvalitativnih i kvantitativnih problema.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama elektromagnetne indukcije u praksi (npr. indukciona peć).

### D.III.2

Analizira kola naizmjenične struje i njihovu primjenu u praksi

Analizira konceptualne razlike između istosmjerne i naizmjenične struje, uključujući i mehanizme njihovog dobijanja.

Tumači značenje frekvencije i efektivne vrijednosti naizmjenične struje.

Izvodi zaključke o naizmjeničnoj struji na osnovu datih grafikona (npr. tumači ovisnost trenutne jačine struje o vremenu).

Analizira konceptualne razlike između termogenog, kapacitivnog i induktivnog otpora.

Analizira konceptualne razlike između aktivne, reaktivne i prividne snage.

	<p>Koristi znanje o strujnim kolima naizmjenične struje radi rješavanja kvalitativnih, kvantitativnih i eksperimentalnih problema.</p> <p>Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o naizmjeničnoj struji u kontekstu svakodnevnice, medicine i tehnike (npr. sistem prijenosa električne energije, opasnosti koje prijete od istosmjerne i naizmjenične struje).</p>
<p>D.III.3</p> <p>Uspostavlja veze između elektromagnetnih oscilacija i talasa, te kritički procjenjuje primjene elektromagnetskih talasa u svakodnevnici</p>	<p>Analizira pretvaranje energije u električnom oscilatornom kolu.</p> <p>Povezuje generiranje elektromagnetnih talasa sa ubrzavanjem naboja (npr. kod otvorenog oscilatornog kola).</p> <p>Povezuje grafikonsku i analitičku reprezentaciju ravnog elektromagnetnog talasa.</p> <p>Opisuje ovisnost brzine prostiranja elektromagnetnih talasa o električnim i magnetnim svojstvima sredine.</p> <p>Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama elektromagnetnih talasa u praksi (npr. mikrovalna pećnica, rendgenski snimak, prijenos informacija na daljinu).</p> <p>Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o problemu elektromagnetnog zagađenja i utjecaju istog na čovjekovo zdravlje.</p>

## KLJUČNI SADRŽAJI

Elektromagnetna indukcija, Faradayev zakon, Lenzovo pravilo, samoindukcija i uzajamna indukcija. Dobivanje i svojstva naizmjenične struje, efektivne vrijednosti struje i napona, otpori u kolu naizmjenične struje, snaga naizmjenične struje, transformatori i generatori, prijenos električne energije, zatvoreni i otvoreni električni titrajni krug, Thomsonova formula, elektromagnetski talasi i spektar elektromagnetskih talasa.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline– metodičke smjernice

U drugom razredu gimnazijeučenici će produbiti znanje o ponašanju tvari u magnetskom polju, te pomoću kompleksnijeg matematičkog aparata izučavati magnetske pojave, dok će u trećem razredu produbiti znanje kada je u pitanju elektromagnetna indukcija. Najveća poteškoća pri obradi elektromagnetne indukcije ogleda se u čestom miješaju magnetskog fluksa i promjene fluksa. Stoga se preporučuje demonstriranje što većeg broja različitih situacija koje dovode do induciranja elektromotorne sile, ali i onih situacija koje suprotno očekivanjima ne dovode do elektromagnetne indukcije. Ogled u kojem se ispituje međudjelovanje solenoida sa strujom i aluminijskog prstena okačenog uz otvor solenoida, nudi plodotvoran kontekst za uvođenje Lenzovog zakona i utvrđivanje znanja o elektromagnetnoj indukciji. Kao i kod mehaničkih i toplotnih mašina, i ovdje se preporučuje razmatranje stepena korisnog djelovanja električnih mašina.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće su poveznice sa Biologijom (npr.transkranijalna magnetska simulacija mozga) i Geografijom (npr. magnetno polje Zemlje i navigacijski uređaji).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup



Razmatranje stepena korisnog djelovanja električnih uređaja može da omogući odgojno djelovanje usmjereno ka efikasnijoj i štednjoj energije. Poduzetnost i kreativno-produktivna kompetencija se može razvijati kroz implementiranje projekta iz oblasti elektromagnetizma (npr. izrada modela generatora).

## ► Srednje ► IV.

### Godine učenja i podučavanja predmeta: 7

#### E

#### OPTIKA I MODERNA FIZIKA

##### E.IV.1

Istražuje i opisuje pojave interferencije i difrakcije svjetlosti

Eksperimentalno istražuje i opisuje pojave interferencije i difrakcije svjetlosti.

Objašnjava značaj vremenske i prostorne koherentnosti svjetlosnih talasa za nastanak interferencijske/difrakcijske slike.

Objašnjava razlike u izgledu slika koje dobijemo interferencijom/difrakcijom svjetlosti na jednoj i dvije jako uske pukotine (Youngov eksperiment) kao i na optičkoj mrežici.

Vrši slaganje manjeg broja svjetlosnih talasa korištenjem fazorskih dijagrama, a na osnovu informacije o putnoj/faznoj razlici talasa.

Rješava kvalitativne i kvantitativne probleme u oblasti talasne optike.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama znanja o interferenciji i difrakciji svjetlosti u svakodnevnicima i tehnicima (npr. rezolucija optičkih instrumenata, razlaganje svjetlosti na CD-u, holografija, interferometrija).

##### E.IV.2

Istražuje i opisuje pojave rasijanja i polarizacije svjetlosti

Eksperimentalno istražuje i kvalitativno opisuje pojavu rasijanja svjetlosti.

Razlikuje nasumično (prirodnu), linearno i djelimično polarizovanu svjetlost.

Istražuje i opisuje različite načine dobivanja polarizovane svjetlosti.

Primjenjuje Malusov zakon u kvalitativnim i kvantitativnim kontekstima.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o rasijanju i polarizaciji svjetlosti u kontekstu svakodnevnice i tehnike (npr. objašnjenje plavetnila neba, polarizirane sunčane naočale).

##### E.IV.3

Analizira misaone eksperimente i pojave koje uključuju kretanja tijela brzinama bliskim brzini svjetlosti.

Analizira historijski kontekst u kojem je došlo do razvoja specijalne teorije relativnosti.

Opisuje eksperimentalne dokaze specijalne teorije relativnosti.

Tumači Einsteinove misaone eksperimente kojim se zorno ilustruju posljedice specijalne teorije relativnosti (npr. kontrakcija dužine i dilatacije vremena).

Rješava kvantitativne i kvalitativne probleme vezane za pojave iz oblasti specijalne teorije relativnosti (npr. kontrakcija dužine, dilatacija vremena, relativnost istovremenosti, ekvivalentnost energije i mase).

Objašnjava vezu mase i energije u specijalnoj teoriji relativnosti, kao i odgovarajuće implikacije za rješavanje energetske probleme čovječanstva.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o posljedicama i primjenama specijalne teorije relativnosti u raznovrsnim kontekstima (npr. televizor sa katodnom cijevi, radarska kamera).

## KLJUČNI SADRŽAJI

Interferencija svjetlosti, difrakcija svjetlosti, rasijanje svjetlosti, polarizacija svjetlosti i holografija.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

Kada je u pitanju talasna optika, u osnovnoj školi je stečeno činjenično znanje da svjetlost predstavlja elektromagnetni talas. U gimnazijskoj nastavi dublje je upoznavanje sa pojavama koje proističu iz talasne prirode svjetlosti. Pokazuje se da je izrazito zahtijevno razmišljati o pojavama talasne optike; često se miješaju talasni model i model zrake (npr. predodžba da širenjem pukotine uvijek dolazi do širenja difrakcijskih maksimuma) i postoje poteškoće za simultano razmišljanje o prostornom i vremenskom aspektu talasa.

Zornost nastave se može obezbijediti kroz korištenje analogije sa talasima na vodi i odgovarajućih simulacija. Bitno je istaknuti da kod idealnog Youngovog eksperimenta svaka od pukotina predstavlja izvor samo jednog sekundarnog talasa, te da u svakoj tački zaslona imamo slaganje samo dva talasa. Samo slaganje poželjno je skicirati pomoću fazora (vektora čija dužina predstavlja amplitudu talasa; ugao između dva fazora odgovara faznoj razlici talasa). Tako se lijepo može objasniti kontinuirana raspodjela intenziteta svjetlosti duž zaslona kod Youngovog eksperimenta. Kod obrade difrakcije na jednoj pukotini treba istaknuti da sada imamo nešto širu pukotinu nego kod idealnog Youngovog eksperimenta, tj. beskonačno mnogo sekundarnih talasa iz svake pukotine. Ako su sekundarni talasi koji polaze od rubova pukotine u nekoj tački zaslona u fazi, onda zbog činjenice da imamo još beskonačno mnogo sekundarnih talasa u istoj tački zaslona (koji dolaze iz ostalih tačaka pukotine i imaju faze koje su između faza rubnih sekundarnih talasa), u datoj tački zaslona umjesto maksimuma uočavamo minimum. Obavezno je pojavu maksimuma i minimuma potrebno prokomentarisati i iz perspektive zakona očuvanja energije. Razmišljanje o polarizaciji svjetlosti zahtijeva znatan nivo vizuospcijalnih sposobnosti, te se snažno preporučuje korištenje simulacija i 3d prikaza.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće su korelacije sa Biologijom (npr. rezolucija kod mikroskopa), Informatikom (npr. zapis informacije na DVD-u), Tjelesnim odgojem (npr. polarizacione naočale kod skijaša) i Hemijom (npr. određivanje koncentracije supstanci na osnovu njihove optičke aktivnosti).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Na primjeru historijskog razvoja ideje o prirodi svjetlosti moguće je razvijati svijest o značaju argumentacije potkrijepljene dokazima. Oblast talasne optike svoj značaj naročito crpi iz činjenice da predstavlja plodotvoran kontekst za razvoj razumijevanja o jednom od ključnih fizikalnih koncepata, konceptu talasa. Time se daje znatan doprinos razvoju prirodoznanstvene pismenosti.

<p>E.IV.4 Analizira međuovisnost gravitacije, prostora i vremena.</p>	<p>Tumači princip ekvivalencije inertne i gravitacione mase. Demonstrira i objašnjava kako masa zakrivljuje prostor. Opisuje astronomska zapažanja koja idu u prilog tezi o zakrivljenom prostoru (npr. gravitacijske leće). Uspostavlja veze i odnose između pojmova gravitacije, prostora i vremena. Prikuplja i procjenjuje informacije o posljedicama i primjenama opće relativnosti u raznovrsnim kontekstima ( gravitacioni talasi, crne rupe, GPS).</p>
<p>E.IV.5 Istražuje prirodu elektromagnetnog zračenja.</p>	<p>Uspoređuje pojave toplotnog zračenja, fotoefekta i Comptonovog efekta. Rješava kvalitativne i kvantitativne probleme vezane za pojave toplotnog zračenja, fotoefekta i Comptonovog efekta. Prikuplja i procjenjuje informacije o primjenama zakona toplotnog zračenja, fotoefekta i Comptonovog efekta u različitim kontekstima (npr. mjerenje temperature Sunca, fotoćelije).</p>
<p>E.IV.6 Analizira ideju o dualnoj prirodi materije</p>	<p>Tumači difrakciju elektrona kao dokaz daelektroni imaju i valnu prirodu. Tumači konceptualno značenje Schrodingerove valne funkcije. Analizira misaone eksperimente koji govore u prilog Heisenbergovom principu neodređenosti. Prikuplja i procjenjuje informacije o primjenama valova materije u raznovrsnim kontekstima (npr. elektronski mikroskop).</p>

## KLJUČNI SADRŽAJI

Galileijeva relativnost, brzina svjetlosti, Einsteinovi principi relativnosti, posljedice specijalne relativnosti, relativističke veličine u STR, opšta relativnost, granice primjenjivosti klasične mehanike.

Toplotno zračenje, Planckova hipoteza, fotoelektrični efekat, difrakcija X-zraka, Comptonov efekat, De Broglieva hipoteza, difrakcija X-zraka, difrakcija elektrona, talasno-korpuskularni dualizam, talasna funkcija. Heisenbergov princip neodređenosti.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

Relativnost je tema o kojoj se gotovo uopšte nije učilo tokom osnovnoškolskog obrazovanja. Imajući u vidu činjenicu da je ova oblast u svojoj srži jako kontraintuitivna, kao i da se u njoj koristi relativno složen matematički aparat, ne iznenađuje veliki broj poteškoća u učenju ove oblasti. Mnogi nastavi relativnosti pristupaju sa uvjerenjem da su referentni sistemi konačne veličine, te da je kretanje apsolutna kategorija koja nije vezana za neki konkretni referentni sistem; učenici misle da postoji “pravo” i “prividno” kretanje. Često misle da je percepcija događaja ono što je bitno, umjesto da akcent stave na dešavanje događaja.

Bitno je u nastavi specijalne teorije relativnosti osigurati razumijevanje temeljnih pojmova poput referentnog sistema, događaja, posmatrača (bolje: eksperimentatora) i istovremenosti. Potrebno je najprije istaknuti da je referentni sistem prostorno neograničen. Svi eksperimentatori koji miruju jedni u odnosu na druge dio su istog sistema i slažu se o prostornovremenskim koordinatama nekog događaja. Kako bi se od

subjektivnog percipiranja nekog događaja došlo do objektivnije informacije o prostornovremenskoj koordinati događaja, nužno je uvažiti vrijeme prostiranja svjetlosnog talasa. Eksperimentatori koji se nalaze u različitim sistemima referencije će se općenito razlikovati po pitanju zaključaka o poziciji i brzini kretanja nekog objekta. Preporučuje se pojam istovremenosti eksplicitno definisati kroz neki jednostavni misaoni eksperiment (npr. dva sata smještena na jednako rastojanje od tačke iz koje se emituje svjetlosni talas). Kada je u pitanju opšta teorija relativnost najbitnije je razviti ideju da materija zakrivljuje prostor, a prostor određuje kretanje materije. Ova ideja se može zorno prikazati pomoću eksperimenata sa elastičnom membranom i kuglicama.

Poznato je da o ovoj tematici postoje brojne miskonceptije; tako npr. često se smatra da tijela na temperaturi nižoj od 0 °C ne emituju toplotno zračenje, da se fotoelektroni iz katode izbijaju zbog postojanja baterije u kolu, te da je de Broglieva valna dužina fiksna za jednu vrstu čestice. Mnogi vjeruju da se difrakcija elektrona ne bi dešavala kada bi se elektroni ispaljivali jedan po jedan prema pukotini.

Preporučuje se toplotno zračenje obraditi u kontekstu jednostavnih eksperimenata i/ili misaonih eksperimenata, kako bi razvili svijest o tome kako smo uopšte došli do zaključaka o karakteristikama toplotnog zračenja. Imajući u vidu da je izučavanje toplotnog zračenja prokrčilo put za uvođenje kvantne hipoteze, ova tema može biti iskorištena za opis prirode fizike. Kada je u pitanju fotoefekat, potrebno je ukazati na značajnu konceptualnu vezu sa toplotnim zračenjem (emisija vs apsorpcija kvantata), te zakonitosti fotoefekta istražiti kroz virtuelni eksperiment. Pri tome je jako bitno i dobro shvatiti sve aspekte eksperimentalne postavke (npr. funkciju baterije). Pojam izlaznog rada može se zorno prikazati i kroz neke fizičke modele (npr. izbijanje optica iz manje ili više dubokih posuda). Kada je u pitanju dualna priroda materije, potrebno je pokazati kako su saznanja o svjetlosti dovela do sličnih hipoteza o materiji. Pri tome može biti jako korisno povlačenje analogije između difrakcije svjetlosti i difrakcije elektrona. Heisenbergov eksperiment se također može efikasno uvesti u kontekstu difrakcije na jednoj pukotini.

## **2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije**

Moguće je kreiranje poveznica sa predmetom Geografija (npr. GPS).

Moguće je kreirati poveznice sa Biologijom (npr. efekti x-zraka na ljudski organizam) i Hemijom (npr. izlazni rad i energija veze).

## **3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup**

U okviru ove tematske cjeline moguće je ukazati na subjektivnost čulnog percipiranja, te pomoći u razvijanju stava da je dublja istina često skrivena ispod površine svakodnevne intuicije. Polazeći od ove ideje naučnici su kroz razvoj fizike doprinikli promjeni slike svijeta u kojem živimo.

Moguće je odgojno djelovati po pitanju potencijalne opasnosti izlaganja x-zračenju. Osim toga, učenje o toplotnom zračenju može nam pomoći da razvijemo stavove o samoj prirodi fizike. Kreativno-produktivna kompetencija se može razvijati kroz projekt o primjenama toplotnog zračenja (npr. snimanje emisije toplotnog zračenja pomoću infracrvene kamere kod razmatranja toplotne izolacije u građevinarstvu).

### **E.IV.7**

**Procjenjuje različite modele atoma i analizira linijske spektre**

Analizira mehanizam nastanka linijskih, emisijskih i apsorpcijskih spektara ističući poveznice sa zakonom očuvanja energije.

Tumači konceptualno značenje kvantnih brojeva koji se uvode radi kvantno-mehaničkog opisa atoma.

Kreira poveznice između kvantno-mehaničkog opisa atoma i periodnog sistema elemenata (npr. preko kvantnih brojeva i Paulijevo principa isključivosti).

Prikuplja i procjenjuje informacije o primjenama atomske fizike u raznovrsnim kontekstima (npr. primjena lasera u medicini, modeli vođenja električne struje).

#### E.IV.8

Primjenjuje znanje o nuklearnim procesima i kritički procjenjuje primjene nuklearne fizike u praksi

Tumači prirodu radioaktivnog raspada, kao i svojstva alfa, beta i gama zračenja.

Piše i tumači nuklearne reakcije polazeći od periodnog sistema elemenata i zakona očuvanja.

Rješava kvantitativne i kvalitativne probleme koji uključuju zakone radioaktivnog raspada i defekt mase.

Istražuje o utjecaju radioaktivnog zračenja na žive organizme, te referira na pravila u oblasti radijacijske i nuklearne sigurnosti u BiH.

Istražuje primjenama nuklearne fizike u raznovrsnim kontekstima (npr. medicinska dijagnostika i terapija, radiokarbonsko datiranje, generiranje energije).

#### E.IV.9

Opisuje osnovne postavke fizike elementarnih čestica i analizira utjecaj razvoja tehnologije na razvoj fizike

Opisuje kako je analiza kosmičkog zračenja pomogla u razvoju fizike elementarnih čestica (npr. otkriće pozitrona).

Objašnjava zašto se proton i neutron ne mogu smatrati elementarnim česticama.

Analizira mehanizme koji su u osnovi fundamentalnih međudjelovanja.

Klasificira subatomske čestice (npr. leptoni, kvarkovi).

Analizira princip rada detektora i akceleratora čestica, kao i njihov značaj za razvijanje fizike elementarnih čestica.

Prikuplja i procjenjuje informacije o primjenama znanja fizike elementarnih čestica (npr. poveznice sa kosmologijom).

### KLJUČNI SADRŽAJI

Modeli atoma, atomski spektri, Bohrov model atoma, kvantno-mehanički model atoma, periodni sistem elemenata i princip isključenja, međudjelovanje nukleona u jezgri, energija veze jezgra i defekt mase, radioaktivnost, zakon radioaktivnog raspada, nuklearna energija, nuklearne reakcije, djelovanje radioaktivnog zračenja na žive organizme, elementarne čestice i fundamentalne sile, antičestice, klasifikacija čestica, zakoni očuvanja, elektroslaba teorija i standardni model., akceleratori čestica i ujedinjenje međudjelovanja.

### PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

#### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline– metodičke smjernice

U četvrtom razredu gimnazije se znanje iz oblasti atomske i nuklearne fizike produbljuje i proširuje primarno kroz razmatranje kvantnomehaničke slike atoma. Jedna od poznatih miskoncepcija u ovoj oblasti sastoji se u ne prihvatanju ideje da prilikom sudara atoma sa drugim atomima može doći do njihovog pobuđivanja. Kada je u pitanju nuklearna fizika često se smatra da radioaktivni raspad dovodi do nestanka jezgra, umjesto do njegove transformacije. Također, mnogi vjeruju da nakon dva vremena poluraspada nestaju sva jezgra.

Bitno je razviti svijest da atomi veliku većinu vremena provode u osnovnom stanju, a da do pobuđivanja u viša energetska stanja može doći kroz sudare. Također je nužno istaknuti da su atomski spektri odraz strukture energetskih nivoa atoma, te da se atomi kroz analizu spektra mogu jednoznačno identificirati. Potrebno je pružati priliku da rješavanje i računskih zadataka u kontekstu Bohrovog modela atoma. Najzad je potrebno dati opis kvantnomehaničkog modela atoma, primjeniti znanje radi određivanja elektronskih konfiguracija i primjene kvantne mehanike radi objašnjavanja periodnog sistema elemenata. Pri tome vrijedi pojasniti ulogu Paulijevog principa i Heisenbergove relacije neodređenosti za strukturu atoma. Kada je u

pitanju nuklearna fizika potrebno je povezati radioaktivni raspad sa nestabilnošću određenih jezgri. Zakon radioaktivnog raspada moguće je demonstrirati tako što od učenika tražimo da svi ustanu, a zatim da svako od njih baca kocku i sjedne ako baci šesticu. Nakon tri bacanja bi približno pola razreda trebalo da sjedi čime bismo uveli pojam vremena poluraspada. Moguće je pokazati da nakon 6 bacanja, tj. dva vremena poluraspada još uvijek imamo značajan broj učenika koji stoje. Glavna funkcija čestične fizike se ovdje sastoji u boljem razumijevanju samih nuklearnih reakcija, uključujući radioaktivni raspad.

## 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je kreirati značajne poveznice sa Hemijom (npr. objašnjenje periodnog sistema elemenata) i sa Biologijom (npr. efekti nuklearnog zračenja na ljudski organizam).

## 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Ova oblast nudi dobar kontekst za upoznavanje sa zakonskom regulativom u oblasti jonizujućeg zračenja. Moguće je kod razvijati svijest o prednostima (npr. nuklearna energija; nuklearna medicina) i opasnostima razvoja fizike (npr. nuklearna bomba; nuklearne nesreće u Fukushimi i Chernobyly).

<p>E.IV.10 Analizira Sunčev sistem</p>	<p>Uspoređuje nebeska tijela koja postoje u Sunčevom sistemu (npr. asteroidi, komete, planete, mjeseci, meteori).</p> <p>Analizira proces nastanka Sunčevog sistema.</p> <p>Tumači jedinice koje se koriste za mjerenje astronomskih udaljenosti.</p> <p>Tumači položaj Sunčevog sistema u Svemiru.</p> <p>Objašnjava zašto je Sunce stabilno, tj. zašto ne kolapsira uslijed velike gravitacione sile.</p>
<p>E.IV.11 Klasificira zvijezde i analizira evoluciju zvijezda</p>	<p>Klasificira zvijezde u spektralne klase s obzirom na njihovu temperaturu.</p> <p>Razlikuje prividnu i apsolutnu magnitudu, te luminozitet zvijezda.</p> <p>Objašnjava kako se spektralna analiza može koristiti za klasificiranje zvijezda.</p> <p>Tumači Hertzsprung-Russellov dijagram ističući postojanje različitih klasa zvijezda (npr. zvijezde glavnog niza, bijeli patuljci, crveni divovi, superdivovi).</p> <p>Objašnjava kako evolucijski put zvijezde ovisi o njenoj masi.</p> <p>Razlikuje vrste nuklearnih reakcija koje se odvijaju u različitim zvijezdama (npr. p-p ili CNO)</p>
<p>E.IV.12 Analizira teorije o nastanku i evoluciji Svemira</p>	<p>Objašnjava kako se Dopplerov efekt koristi kao alat za sticanje uvida u evoluciju Svemira.</p> <p>Primjenjuje Hubbleov zakon za rješavanje kvalitativnih i kvantitativnih problema.</p> <p>Opisuje Teoriju velikog praska i karakteristične etape razvoja Svemira, od početka prostor-vremena, preko nastanka elementarnih čestica, do nastanka atoma, galaksija i Sunčevog sistema.</p> <p>Objašnjava kako se postojanje kosmičkog pozadinskog zračenja koristi kao argument za valjanost Teorije velikog praska.</p>

Prikuplja i procjenjuje informacije o istaknutim pojavama i procesima u oblasti kosmologije (npr. kvazari, tamna materija).

## KLJUČNI SADRŽAJI

Teorije o Svemiru, opservacijska astronomija, solarni sistem, galaksije, svemirske udaljenosti, Pogsonov zakon, klasifikacija zvijezda prema intenzitetu zračenja. Hertzsprung-Russellov dijagram, nastanak i evolucija zvijezda, nastanak i evolucija galaktika, veliki prasak (Big bang theory), fizika čestica i kosmologija.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

Osnovna znanja o fizici Svemira stečena su krajem devetog razreda osnovne škole. U gimnaziji se očekuje produbljivanje tih znanja, te opisivanje određenih zakonitosti pomoću matematičkog aparata. Treba imati na umu da mnogi često nemaju osjećaj za red veličine rastojanja u Svemiru. Kada je u pitanju kosmologija, duboko vjeruju u to da su svi atomi koje danas poznajemo stvoreni tokom samog velikog praska.

Učenje o fizici Svemira predstavlja idealan kontekst za prikazivanje eksploracijske prirode fizike i evolucije fizikalnog znanja. Ova tema je također pogodna za izražavanje ideje o jedinstvu prirode, te značaju objedinjavanja saznanja o elementarnim česticama i pojavama na makro skali (npr. procesi unutar zvijezda). Također, unutar ove tematske cjeline moguće je razbiti predrasudu o fizici kao nauci koja je prestala da se razvija; te se upoznavati sa aktualnim otkrićima unutar fizike visokih energija. Preporučivo je učenje o fizici Svemira započeti sa Sunčevim sistemom. Pri tome se preporučuje korištenje 3d modela ili tehnologija virtualne stvarnosti. Kada je u pitanju Teorija velikog praska, kod učenika treba raditi na prevazilaženju miskonceptije da je Velikom praskom stvoren Svemir u trenutnoj formi. Pomoću duvanja običnog balona mogu se uvesti ideje o širenju Svemira i crvenom pomaku. Također treba učenicima pružiti dosta prilika da sami analiziraju Hertzsprung-Russellov dijagram.

Značajno motivacijsko djelovanje moguće je postići kroz posjete planetariju i praktično posmatranje neba, a preporučuje se i posjeta astronomskom društvu.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je kreiranje poveznica sa Hemijom (npr. hronologija nastanka hemijskih elemenata) i Geografijom (npr. karakteristike Sunčevog sistema).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Izučavanje date tematske cjeline kroz historijsku perspektivu doprinosi razvijanju svijesti o tome kako se slika svijeta mijenjala tokom vremena, te nam govori o prirodi čovjekovog pogleda na svijet općenito. Kroz razmatranje alternativnih teorija o nastanku i evoluciji Svemira (npr. Teorija stalnog stanja) moguće je podsticati i razvoj kritičkog razmišljanja.

## A

### PRIRODA FIZIKE I NAUČNI METOD

#### A.IV.1

Primjenjuje eksperimentalni metod u kontekstu fizike.

Provodi samostalno eksperimentalna istraživanja otvorenog tipa: identifikuje predmet istraživanja, prikuplja relevantne podatke, kreira modele, bira metode istraživanja, te analizira i prezentira rezultate istraživanja.

Računa i analizira mjerne pogreške.

Evaluiira izbor eksperimentalnih metoda polazeći od procjene nedostataka eksperimentalne postavke i poteškoća u mjerenju.

Predlaže poboljšanja u dizajnu eksperimenta.



	Prikuplja i obrađuje podatke koristeći se modernim tehnologijama (npr. software za obradu podataka, digitalna videoanaliza, senzori).
A.IV.2 Primjenjuje matematički metod u kontekstu fizike.	<p>Izvršava operacije nad vektorima (slaganje, razlaganje, skalarni i vektorski proizvod) u kontekstu opisivanja i rješavanja fizikalnih problema.</p> <p>Koristi eksponencijalnu, logaritamsku i trigonometrijsku funkciju u kontekstu rješavanja fizikalnih problema.</p> <p>Rješava aproksimacijske i kontekstualno bogate probleme, te općenito probleme koji zahtijevaju kombinovanje većeg broja relacija.</p> <p>Kritički se odnosi prema postavci i rješenju problema, te razlikuje relevantne od irelevantnih informacija.</p> <p>Izvodi opći (simbolički) izraz za nepoznatu fizičku veličinu.</p> <p>Predlaže vlastite primjere fizikalnih problema.</p>
A.IV.3 Primjenjuje komunikacijske vještine u kontekstu fizike.	<p>Objašnjava prirodne pojave, međudjelovanja i procese pozivajući se na osnovne principe fizike i koristeći vokabular fizike.</p> <p>Diskutuje i evaluira određena naučna rješenja u specifičnim primjenama (korist za društvo, ekonomiju, politiku, ekologiju i sl.)</p> <p>Koristi raznovrsne tehnologije u sakupljanju, obradi i predstavljanju informacija.</p> <p>Tumači i koristi raznovrsne metode izražavanja (riječi, crteži, grafikoni, tabele, matematički izrazi, makete, simulacije, video-snimci) i oblasno-specifične reprezentacije (model svjetlosne zrake, fazori) fizikalnih sadržaja i procesa.</p> <p>Izveštava o rezultatima svoga rada na način koji je prikladan karakteristikama ciljne publike, Uz adekvatnu naučnu argumentaciju.</p> <p>Kod kreiranja pisanih radova, na prikladan način citira i popisuje izvore informacija.</p>

## KLJUČNI SADRŽAJI

Svi sadržaji predviđeni za izučavanje u četvrtom razredu gimnazije.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Eksperimentalni metod

Samostalno, u tandemu ili grupi preporučuje se učešće u eksperimentalnom istraživanju fizikalnih pojava putem demonstracionih oglada, labaratorijskog ili projektnog rada: Određivanje talasne dužine svjetlosti, Određivanje indeksa loma stakla/plastike, Istraživanje Youngovih pruga interferencije, Određivanje konstante optičke rešetke, Određivanje Brewsterovog ugla za staklo, Istraživanje fotoelektričnog efekta pomoću simulacije ili eksperimentalno, Istraživanje radioaktivnog raspada pomoću kompjuterske simulacije ili raspada mjehurića pivske pjene.

Ovu listu potrebno je shvatiti samo kao preporuku koja odražava jedan od mogućih konteksta za razvijanje vještina korištenja eksperimentalnog metoda u nastavi fizike za četvrti razred gimnazije.

Ukoliko se eksperimenti iz optike izvode sa svjetlosnim izvorima koji mogu izazvati oštećenje oka, potrebno je posvetiti pažnju maksimalnoj zaštiti zdravlja. Podsticati izvođenje oglada sa lako pristupačnim materijalima.

## 2. Matematički metod

Potrebno je inzistirati na metodičkom pristupu izradi fizikalnih zadataka: vizualizacija, fizikalna rasprava, kreiranje i implementacija matematičkog plana, kritički osvrt na rješenje zadatka. Koristiti znanja o eksponencijalnim funkcijama i logaritamski račun pri poučavanju o radioaktivnosti i zračenju.

## 3. Ovladavanje komunikacijskim vještinama u kontekstu fizike

Potrebno je kod uvođenja novih pojmova u nastavi, zahtijevati opis tog pojma jezikom svakodnevnice, kako bi se uočile eventualne jezičke miskoncepcije i omogućio proces konceptualne promjene.

Potrebno je insistirati na kombiniranju velikog broja različitih prikaza informacija i na aktivnostima prevođenja jednih prikaza u druge. Također, potrebno je priuštiti brojne prilike za komuniciranje o fizikalnim pojavama i procesima – bilo da se radi o diskutiranju o ishodima eksperimenta, prezentiranju seminarskog rada ili pisanju pripreme za eksperimentalni rad.

U oblasti optike treba poticati i ohrabrivati da objašnjenja budu podkrijepljena dijagramima u kojima koristi model svjetlosne zrake.

## Srednje obrazovanje – Fizika, četiri godine podučavanja

### ► Srednje ► I.

#### Godine učenja i podučavanja predmeta: 4

## A

### Priroda fizike i naučni metod

#### A.I.1

Tumači prirodu fizike i analizira njen historijski razvoj.

Analizira historijski razvoj fizike (npr. kroz etape normalne nauke, krize nauke i naučne revolucije) i njen značaj za formiranje slike svijeta.

Tumači fiziku kao jednu vrstu društvene aktivnosti u okviru koje jednako bitne uloge imaju logičko razmišljanje i kreativnost.

Povezuje razvojnost znanja fizike sa korištenjem modela u fizici.

Analizira mjesto fizike u hijerarhiji nauka.

Razlikuje redukcionistički i holistički pristup u nauci.

#### A.I.2

Primjenjuje naučne metode, reprezentacije i tehnologije, te procjenjuje istraživački rad u fizici.

Izvršava operacije nad vektorima (npr. slaganje, razlaganje, skalarni i vektorski proizvod) u kontekstu rješavanja jednostavnih fizikalnih zadataka.

Koristi polinome, racionalne funkcije, stepene i zakonitosti geometrije u kontekstu rješavanja jednostavnih fizikalnih zadataka.

Procjenjuje planove istraživanja i izvještaje o provedenim istraživanjima, te na osnovu toga predlaže poboljšanja u istraživačkom dizajnu.

Računa i analizira mjerne pogreške.

Prikuplja i obrađuje podatke koristeći raznovrsne izvore i tehnologije.

Predstavlja podatke/relacije koristeći se različitim reprezentacijama (npr. tabelarno, analitički, grafički).

## KLJUČNI SADRŽAJI

Predmet proučavanja fizike i metode, posmatranje, model, hipoteza, eksperiment, teorija, fizikalne veličine i mjerne jedinice, skalarne i vektorske veličine, greške pri mjerenju.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 4. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

U osnovnoj školi se o prirodi i metodama fizike po prvi put eksplicitno uči u sedmom razredu osnovne škole, a od nastavnika/ca se očekuje da tokom cjelokupnog osnovnoškolskog obrazovanja kreira situacije koje zahtijevaju primjenu stečenih kompetencija. U gimnaziji se očekuje razvijanje dubljeg razumijevanja prirode fizike i intenzivnije korištenje matematičkog aparata. Treba imati u vidu da se i gimnazijskoj nastavi fizike pristupa sa brojnim miskoncepcijama o prirodi fizikalnog znanja (npr. “znanje fizike se više ne razvija i skup je neuvezanih činjenica”), o istraživanjima u fizici (npr. “fizikalno istraživanje mora sadržavati i eksperiment”, “postoji istraživački algoritam kojeg koriste svi fizičari”), o mogućnostima fizike (npr. “fizika može riješiti sve probleme čovječanstva”, “fizika nije uopšte povezana sa svakodnevicom”) i terminologijom fizike (npr. “hipoteza je nagađanje” ili miješanje zapažanja i zaključaka).

Preporučuje se eksplicitno, tj. direktno poučavanje o prirodi fizike kroz koje treba napraviti osvrt na sve gore navedene kategorije miskoncepcija. Pri tome je poželjno u nastavu uključiti odgovarajuće primjere iz historije fizike, kao i aktivnost refleksivnog promišljanja o situacijama koje mogu aktivirati miskoncepcije. Potrebno je razvijati u kompetencije u oblasti dizajniranja i evaluiranja fizikalnih istraživanja, te naučnog pristupanja interpretaciji podataka i dokaza. Naročitu pažnju valja posvetiti značaju kontroliranja varijabli. U tom smislu se preporučuje u ovoj, ali i svim ostalim tematskim cjelinama u gimnazijskom obrazovanju, uključivati zadatke koji nalikuju PISA zadacima koji provjeravaju epistemološko znanje fizike. Jako korisna aktivnost može se sastojati i u dubinskom evaluiranju manjeg broja planova istraživanja i izvještaja o provedenim istraživanjima, pri čemu treba evaluirati kako primjere dobre, tako i primjere loše prakse.

Kada je u pitanju korištenje matematičkog metoda, treba imati u vidu da većina prvobitno ne razumije svrhu korištenja vektora, niti zna vršiti operacije sa vektorima. Potrebno je u naučiti da razlikuje vektor, intenzitet vektora (uvijek pozitivan skalar) i komponentu vektora (skalar koji može biti i negativan). Također, često se ne razumije ni pojam funkcije i postoji problem prelaska sa tipičnih matematičkih notacija u kojima je  $x$  obično nezavisna varijabla, na fizikalne notacije u kojima je  $x$  često zavisna varijabla. Sve navedene poteškoće preporučivo je rješavati kroz rješavanje pažljivo odabranih zadataka u kontekstu fizike (npr. verbalno interpretiranje  $x(t)$  grafa). Kada je u pitanju trigonometrijska funkcija, dovoljno je zadržati se na definiciji i primjeni osnovnih trigonometrijskih funkcija.

### 5. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Postoje mogućnosti kreiranja poveznica sa predmetima iz oblasti prirodnih nauka po pitanju tematike “prirode prirodnih nauka” i naučnog metoda. Tu je potrebno obezbijediti konzistentno korištenje terminologije (npr. hipoteza, model, teorija) u različitim predmetima. Postoje i značajne poveznice sa Matematikom, po pitanju korištenja vektora i elementarnih funkcija.

### 6. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Unutar ove oblasti moguće je razvijati stavove o fizikalnim teorijama kao kulturnom blagu najvišeg ranga, te kritički razmatrati utjecaj razvoja fizike na sliku svijeta i kvalitet življenja. U tom smislu treba razvijati uvažavanje za različite perspektive u poimanju materije, pojava i procesa (npr. fizikalna, umjetnička, vjerska perspektiva). Osim toga, prilika za kritičko razmišljanje nude i aktivnosti procjenjivanja planova istraživanja

i izvještaja o provedenim istraživanjima. Također je moguće razvijati svijest o činjenici da se objektivnost u fizici u velikoj mjeri obezbjeđuje kroz korištenje matematičkog aparata.

## B

### Mehanika

#### B.1.1

Analizira veze i odnose između temeljnih kinematičkih pojmova.

Razlikuje temeljne kinematičke pojmove u kontekstu primjera iz svakodnevnice (npr. brzina - putna brzina, brzina - ubrzanje, vektor položaja - vektor pomaka, put - putanja, translatorno kretanje - obrtno kretanje).

Opisuje pojam relativnosti kretanja služeći se konkretnim primjerima.

Uspoređuje trenutne i srednje vrijednosti kinematičkih veličina.

Tumači skalarnu ili vektorsku prirodu kinematičkih veličina.

FIZ-1.2.1

#### B.1.2

Istražuje pravolinijska kretanja.

Eksperimentalno istražuje i opisuje zakon puta kod pravolinijskih kretanja.

Kreira različite reprezentacije (npr. dijagram kretanja, tabela, grafikon, formule) za predstavljanje zakonitosti pravolinijskog kretanja tijela, te uspostavlja veze između različitih reprezentacija.

Kvalitativno i kvantitativno analizira s-t, v-t i a-t grafikone (npr. nagib, površina ispod krive, uspostavljanje veza među kinematičkim veličinama).

Rješava relativno složene teorijske i praktične probleme u kontekstu pravolinijskih kretanja.

FIZ-1.2.2

#### B.1.3

Istražuje složena kretanja.

Razlikuje pravolinijska i složena kretanja, te u tom kontekstu ističe princip nezavisnosti kretanja.

Povezuje izgled putanje sa promjenom vektora brzine tokom vremena.

Kreira različite reprezentacije (dijagram kretanja, tabela, grafikon, formule) za predstavljanje zakonitosti složenog kretanja tijela, te uspostavlja veze između različitih reprezentacija.

Rješava kvalitativne i kvantitativne fizikalne probleme koji uključuju složena kretanja.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o složenim kretanjima u raznovrsnim kontekstima (npr. sport).

FIZ-1.2.2

### KLJUČNI SADRŽAJI

Referentni sistem, radijus vektor, put i pomak, brzina i ubrzanje, ravnomjerno pravolinijsko kretanje, promjenjivo pravolinijsko kretanje, relativnost kretanja, kretanje u gravitacionom polju, pravac brzine pri kretanju po krivoj liniji.

### PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

#### 4. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

U osnovnoj školi se o osnovama kinematike po prvi put uči početkom osmog razreda, pri čemu je fokus na učenju temeljnih kinematičkih pojmova i razmatranju pravolinijskih kretanja. U gimnaziji se u većoj mjeri uvažava vektorska priroda pojedinih kinematičkih veličina, a osim pravolinijskih, izučavaju se i krivolinijska kretanja. Međutim, i u gimnazijskoj nastavi treba uzimati u obzir miskoncepcije o kinematičkim pojmovima (npr. “ubrzanje je isključivo povezano sa promjenom intenziteta brzine”, “negativno ubrzanje mora značiti da intenzitet brzine postaje manji”) i grafovima (npr. shvatanje grafa kao “slike kretanja”), kao i poteškoće u izražavanju (npr. miješanje intervala i trenutka, te korištenje pojma “početnog trenutka”).

Radi prevazilaženja pomenutih poteškoća preporučuje se kombiniranje velikog broja reprezentacija: riječi, crteža (dijagrama kretanja), grafikona i formula. Naročito je korisna aktivnost predstavljanja kretanja dijagramom kretanja, tj. nekom vrstom stroboskopskog snimka unutar kojeg se nanose vektori brzine i/ili ubrzanja. Nakon toga se može od tražiti da se za dijagram kretanja skicira odgovarajući grafikon. Sve ove aktivnosti potrebno je obavezno popratiti intenzivnim verbalnim objašnjenjima. Kada je u pitanju kretanje u dvije dimenzije potrebno ga je glatko nadovezati na pravolinijska kretanja, pažljivim uvođenjem principa nezavisnosti kretanja. Korištenje trigonometrijske funkcije treba da je ograničeno na definiciju temeljnih funkcija i najjednostavnije primjene.

#### 5. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Postoji mogućnost kreiranja značajnih poveznica sa predmetom Matematika, posebno po pitanju korištenja kvadratne funkcije i osnovnih trigonometrijskih funkcija. Preporučuje se kreiranje plana korištenja pomenutih funkcija u fizici u uskoj saradnji sa predmetnim nastavnikom/com matematike.

#### 6. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Ova tematska cjelina može značajno doprinijeti razvijanju čitalačke pismenosti, kroz podsticanje povezivanja i kombiniranja različitih načina predstavljanja informacija (npr. tekst i grafikone).

B.I.4

Istražuje vezu između sile koja djeluje na tijelo i kretanja tijela.

Analizira historijski razvoj ideja o pojmu sile uključujući i aktuelna shvaćanja o fundamentalnim silama (interakcijama) u fizici.

Koristi grafički i matematički metod radi slaganja i razlaganja sila.

Eksperimentalno i matematički određuje različite vrste sila.

Crta i tumači dijagram sile za veliki broj različitih konteksta.

Koristi I, II i III Newtonov zakon radi rješavanja kvalitativnih, kvantitativnih i praktičnih problema u kontekstu pravolinijskih i složenih kretanja.

B.I.5

Istražuje kružno kretanje tijela.

Eksperimentalno istražuje i tumači ravnomjerno kružno kretanje koristeći se klasičnim i/ili modernim tehnologijama (npr. digitalna video analiza stola za rulet).

Uspostavlja vezu između veličina kojim opisujemo pravolinijsko i kružno kretanje (npr. pomak – ugaoni pomak, linijska brzina – ugaona brzina, ubrzanje – ugaono ubrzanje).

Povezuje pojmove tangencijalnog i centripetalnog ubrzanja, sa promjenom intenziteta odnosno pravca vektora brzine kod kružnog kretanja tijela.

Identificira konkretnu prirodu centripetalne sile u raznovrsnim kontekstima.

Primjenjuje II Newtonov zakon na kružno kretanje tijela u raznovrsnim kvalitativnim i kvantitativnim kontekstima.

## B.I.6

Primjenjuje znanje o gravitacionom međudjelovanju tijela i objašnjava jednostavne pojave iz oblasti nebeske mehanike.

Primjenjuje Newtonov zakon gravitacije radi rješavanja kvalitativnih i kvantitativnih problema.

Objašnjava kretanje objekata u orbiti (npr. brzinu, kinetičku i potencijalnu energiju, pojavu bestežinskog stanja).

Objašnjava Keplerove zakone.

Opisuje povezanost Keplerovih zakona sa Newtonovim zakonom gravitacije.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o vještačkim i prirodnim satelitima.

FIZ-1.3.3

## KLJUČNI SADRŽAJI

Newtonovi zakoni, princip nezavisnosti djelovanja sila, slaganje i razlaganje sila (elastična sila, sila trenja, centripetalna sila), reaktivno kretanje, trenje klizanja i kotrljanja, analogija pravolinijskog kretanja i kružnog, ravnomjerno i promjenjivo kružno kretanje, centripetalno ubrzanje, težina tijela, strma ravan, Keplerovi zakoni, Newtonov zakon gravitacije, gravitaciono polje.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline - metodičke smjernice

O poveznici sile i kretanja, te o gravitacionim pojavama, se već učilo u osmom razredu osnovne škole. Ključna nadogradnja i produbljivanje znanja u gimnazijskoj nastavi odnosi se na usloznavanje matematičkog aparata, te razmatranje kružnog kretanja i dublji opis pojma fizikalnog, u ovom slučaju gravitacionog, polja.

Međutim, treba imati na umu da i u gimnaziji, mnogi miješaju silu sa energijom i snagom, te vjeruju da silom mogu djelovati samo živa tijela. Kada je u pitanju III Newtonov zakon, treba paziti da se ne razviju ideje da sila akcije i reakcije djeluju na isto tijelo, te im objasniti da veća tijela i manja tijela međudjeluju istom silom, ali su efekti tog međudjelovanja različiti, zbog različitih masa tijela. Kada je u pitanju kružno kretanje, bitno je da učenici prepoznaju da centripetalna sila nije nikakva zasebna vrsta sile; to je rezultujuća sila koja djeluje prema centru krivine. Kada je u pitanju gravitaciona sila, mnogi njenu pojavu povezuju isključivo sa djelovanjem Zemlje.

Prije pristupanja rješavanju računskih zadataka poželjno je naučiti identificirati sile koje djeluju na tijela i crtati odgovarajuće dijagrame sila. Pri tome je preporučivo uvesti pojam sistema i okoline, te za početak tijelo čije kretanje analiziramo posmatrati kao sistem, a sve ostalo kao okolinu. Sile koje se pojavljuju na granici sistema i okoline su onda kontaktne sile, koje treba razlikovati od sila koje djeluju "na daljinu". Što se tiče različitih vrsta sila, pojedine vrste sila se mogu okvirno uvesti i prije njihovog dubljeg razmatranja (npr. elastična i gravitaciona). Nakon što se razvije vještina identificiranja sila, potrebno je kreirati poveznicu sa pojmom kretanja. Vjerovanje da kretanja može biti samo ako ima i djelovanja sile, treba zamijeniti vjerovanjem da promjene kretanja, tj. promjene brzine, ima samo ako ima i djelovanja sile. Napokon, moguće je pristupiti rješavanju računskih zadataka. Kružno kretanje je moguće situirati u kontekst kretanja određenih nebeskih tijela. Kada je u pitanju kretanje satelita, kroz različite primjere treba pokušati objasniti da se sateliti nalaze u stanju sličnom slobodnom padu, ali se ne približavaju Zemljinoj površini, jer se istom brzinom kojom oni padaju i Zemljina površina zakrivljuje.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je kreiranje značajnih poveznica sa nastavom Geografije (npr. kretanje Zemlje oko Sunca, GIS), te sa Biologijom i Tjelesnim odgojem (npr. biomehanika, fizika različitih sportskih disciplina).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Moguće je iz fizikalne perspektive prodiskutovati određene aspekte sigurnosti u saobraćaju (npr. značaj držanja odstojanja, korisnost air-baga), ali i određene situacije iz sporta (npr. ublažavanje pada u džudu). Digitalne kompetencije se mogu unaprijediti kroz razmatranje GIS-a.

#### B.I.7

Istražuje obrtno kretanje tijela.

Uspostavlja veze i odnose između veličina koje opisuju translatorno i obrtno kretanje (npr. impuls - moment impulsa, sila - moment sile, masa - moment inercije).

Razlikuje kružno i obrtno kretanje tijela.

Opisuje međuovisnost ukupnog momenta sile, momenta inercije i ugaonog ubrzanja tijela.

Rješava kvalitativne, kvantitativne i praktične probleme u kontekstu fizike obrtnog kretanja.

Objašnjava primjene obrtnog kretanja u praksi (npr. efekat centrifuge).

#### B.I.8

Istražuje statičke zakonitosti i primjene znanja o prostim mehanizmima u praksi.

Primjenjuje osnovne zakonitosti statike u raznovrsnim kontekstima (npr. sport, biomehanika, te građevinska i mašinska industrija).

Izrađuje proste mehanizme i objašnjava princip njihovog rada.

Izvodi uvjete ravnoteže za različite proste mehanizme.

Rješava kvalitativne, kvantitativne i praktične probleme koji zahtijevaju primjenu znanja o prostim mehanizmima.

Prikuplja i prezentira informacije o primjeni zakona statike u raznovrsnim kontekstima (npr. sigurnosni propisi pri konstrukciji i gradnji, biomehanika, sport).

#### B.I.9

Analizira pojam energije, njene različite forme i pretvorbe.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o različitim vrstama izvora energije.

Tumači formule za kinetičku i potencijalnu energiju (gravitacionu i elastičnu).

Istražuje o jednostavnim uređajima u kojima se vrši pretvorba energije ističući stepen korisnog djelovanja kao bitno svojstvo tih uređaja.

Opisuje veze i odnose između sile, energije, rada i snage, verbalno i matematički.

Kombinuje koncepte rada, snage i energije radi rješavanja kvalitativnih, kvantitativnih i praktičnih problema (Ergometrija).

Objašnjava pojam kalorijskog deficita/suficita u kontekstu razvijanja zdravih prehrambenih navika.

### KLJUČNI SADRŽAJI

Moment sile, moment inercije, moment impulsa, analogija translatornog kretanja i rotacionog, energija pri rotacionom kretanju, zakoni održanja, prosti mehanizmi.

### PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA



## 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

O obrtnom kretanju po prvi put se uči u gimnazijskoj nastavi fizike. Mnoge miskonceptije iz oblasti translatornog kretanja postoje u analognoj formi u oblasti obrtnog kretanja (npr. “ukoliko postoji konstantna ugaona brzina, postoji i moment sile koji ju održava”, “negativno ugaono ubrzanje znači usporavanje”).

Za početak treba ukazati na sličnosti i razlike između kružnog kretanja materijalne tačke i obrtnog kretanja krutog tijela. Preporučivo je poučavanje započeti ponavljanjem kinematike kružnog kretanja materijalne tačke, te na konkretnom primjeru pokazati da se iste veličine (npr. ugaoni pomak, ugaona brzina, ugaono ubrzanje) mogu koristiti i kod razmatranja obrtnog kretanja krutog tijela. Zatim se može preći na pitanje uzroka ugaonog ubrzanja, tj. na uvođenje momenta sile kao vektorske veličine koja ima intenzitet i smjer (npr. u kontekstu otvaranja odškrinutih vrata). Izraz za moment sile potrebno je primijeniti u zornim kontekstima, te diskutovati u svakom od konteksta o osi obrtanja i kraku sile. Najzad, je moguće razmatrati efekte djelovanja momenta sile u različitim kontekstima, s posebnim akcentom na moment sile koji proizvodi gravitaciona sila, te kontekst kotrljanja. Treba primijetiti da se dobar dio gradiva može obraditi kroz pažljivo povlačenje analogije sa translatornim kretanjem.

Nakon obrade obrtnog kretanja, potrebno je kroz raznovrsne aktivnosti omogućiti utvrđivanje i produblivanje stečenog znanja u kontekstu statike i prostih mehanizama. Prosti mehanizmi se sada mogu obraditi na višem matematičkom nivou nego u osnovnoj školi.

## 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je ostvariti značajne poveznice sa Biologijom i Tjelesnim odgojem (npr. biomehanika, džudo).

## 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Moguće je razvijati svijest o značaju uvažavanja sigurnosnih propisa u građevinarstvu, te o vezama između fizike i inženjerstva, općenito. Svijest o primjenjivosti fizike u svakodnevnicima, moguće je također razvijati kroz razmatranje fizike obrtnog kretanja u kontekstu vožnje bicikla. Osim toga, kreativno-produktivna kompetencija se može razvijati kroz projekte koji uključuju dizajniranje i/ili izradu jednostavnih mehaničkih mašina.

### B.I.10

Eksperimentalno istražuje i primjenjuje zakone očuvanja u kontekstu translatornog i obrtnog kretanja.

Razlikuje pojmove sistema i okoline.

Identificira procese posredstvom kojih sistem prelazi od početnog do finalnog stanja.

Objašnjava kako može doći do promjene energije, impulsa i/ili momenta impulsa sistema.

Eksperimentalno istražuje zakone očuvanja.

Primjenjuje zakone očuvanja energije, impulsa i momenta impulsa u raznovrsnim kontekstima (npr. sudari, eksplozije).

### B.I.11

#### Istražuje i primjenjuje osnovne zakonitosti statike fluida

Primjenjuje pojam pritiska radi rješavanja kvalitativnih i kvantitativnih problema.

Izvodi izraz za hidrostatički pritisak i silu potiska, kao i uslove plivanja/tonjenja tijela.

Analizira princip mjerenja krvnog pritiska

Primjenjuje Pascalov zakon za objašnjenje rada hidrauličnih mašina (npr. hidraulična presa)

Prikuplja i kritički razmatra informacije o primjenama zakonitosti statike fluida u svakodnevnicima i tehnicima (npr. podmornica, hidraulične kočnice).

### B.I.12

#### Analizira strujanje fluida i kretanje tijela kroz fluid

Tumači osnovne pojmove dinamike fluida (npr. strujna cijev, strujna linija, protok, krv, dinamički pritisak, visinski pritisak, viskoznost, otpor sredine).

Razlikuje laminarno i turbulentno strujanje.

Povezuje jednačinu kontinuiteta i Bernoullijevu jednačinu sa svojstvom nestišljivosti fluida i teoremom o energiji i radu, respektivno.

Primjenjuje jednačinu kontinuiteta, Bernoullijevu jednačinu i izraze za otpor sredine prilikom rješavanja kvalitativnih i kvantitativnih problema.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama zakonitosti dinamike fluida u svakodnevnicima i tehnicima (npr. vodosnabdijevanje, avioni, izvođenje slobodnog udarca u fudbalu).

## KLJUČNI SADRŽAJI

Mehanička energija, mehanički rad, snaga, stepen korisnog djelovanja, održavanje ukupne mehaničke energije, impulsa i momenta impulsa.

Pritisak, Paskalov zakon, hidrostatički pritisak, potisak, Archimedesov zakon, atmosferski pritisak, protok, jednačina kontinuiteta, Bernoullijeva jednačina i viskoznost.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

#### B.I.10

U osnovnoj školi se stiču prvo znanje o energiji, radu i snazi, te razmatraju transformacije i očuvanje energije u jednostavnim kontekstima. U srednjoj školi se očekuje da se među pojmovima energije, rada i snage stvara više kvantitativnih poveznica, te da se pozna više kvantitativnih izraza za različite vrste energije. Konceptualni okvir učenja o energiji je sličan kao i u osnovnoj školi, te uključuje vrste energije, transformacije energije, degradaciju energije i očuvanje energije. Očekuje se sistematska primjena zakona očuvanja energije, impulsa i momenta impulsa, te da razumijevanje veze između zakona o očuvanju energije i teorema o energiji i radu.

Unutar ove tematske cjeline od suštinskog je značaja obezbijediti razumijevanje pojama fizikalnog sistema i okoline, kao i odgovarajuću podjelu na vanjske i unutrašnje sile (ili momente sila), te na konzervativne i nekonzervativne sile. Tek nakon što smo se uvjerali da se razumiju ove podjele, te da postoji sposobnost identificiranja sile u konkretnim situacijama, moguće je zahtijevati rješavanje fizikalnih problema polazeći od zakona očuvanja. Pri tome se snažno preporučuje demonstrirati da primjenjivost zakona očuvanja energije ovisi o izboru fizikalnog sistema; korisno je isti problem pokušati riješiti, kako na osnovu zakona

očuvanja mehaničke energije, tako i na osnovu teorema o energiji i radu (za drugačiji izbor fizikalnog sistema).

#### B.I.11

O statici fluida prvi put se uči u osmom razredu osnovne škole, primarno na konceptualnom nivou. U srednjoškolskoj nastavi se očekuje da znanje o statici fluida bude primjenjeno radi rješavanja nešto složenijih kvalitativnih, kvantitativnih i praktičnih problema, te da se počne učiti i o zakonitostima koje vrijede za strujanje fluida. Međutim, i u srednjoj školi se teško prihvata činjenica da pritisak u fluidima djeluje na sve strane podjednako, te se pogrešno vjeruje da je sila potiska veća što je tijelo manje uronjeno u tečnost. Također, prilikom određivanja apsolutnog pritiska, nerijetko se zaboravljaju uvažiti i doprinos atmosferskog pritiska. Kada je u pitanju dinamika fluida, često se zaboravlja da je Bernoullijevu jednačinu jedino dozvoljeno primjenjivati za poređenje pritisaka/brzina duž jedne te iste strujne linije.

Preporučuje se uvođenje pritiska kao djelovanja jednog sloja fluida silom po jedinici površine posude ili po jedinici površine drugog sloja fluida). Zatim je kroz misaoni eksperiment (npr. uho na istoj dubini, ali različito orijentirano) potrebno razviti svijest da pritisak djeluje na sve strane podjednako. Nakon demonstriranja i izvođenja izraza za hidrostatički pritisak i silu potiska, treba pripremiti niz prilika za primjenu stečenog znanja.

Kada je u pitanju dinamika fluida, potrebno je naglasiti vezu Bernoullijeve jednačine sa zakonom očuvanja mehaničke energije, te prilikom njenog izvođenja konzistentno razmatrati odnos datog sistema (elementa fluida) i okoline. Ubrzanje fluida kroz uski dio cijevi treba povezati sa II Newtonovim zakonom, tj. sa silom koja u ovom slučaju proističe iz razlike pritisaka između šireg i užeg dijela cijevi. Zatim treba insistirati na primjeni Bernoullijeve jednačine u brojnim kontekstima, pri čemu treba obratiti pažnju da se ona isključivo koristi za poređenje brzina/pritisaka duž jedne te iste strujne linije. Kada je u pitanju viskoznost, izričito se preporučuje primjena i uvođenje znanja u kontekstu fizike ljudskog organizma.

### 1. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

B.I.10: Moguće je kreiranje poveznica sa Biologijom (npr. skladištenje energije kod čovjeka), Hemijom (npr. energija hemijske veze) i Tjelesnim odgojem (npr. ostvarivanje kalorijskog deficita). Također su moguće i poveznice sa Geografijom (npr. izbor prikladne lokacije za gradnju vjetroelektrane) i Historijom (npr. energetske resursi i mirovno pitanje).

B.I.11: Moguće je ostvariti značajne poveznice sa nastavom Biologije (npr. poređenje krvnog pritiska kod čovjeka i žirafe; opasnost začepjenja krvnih sudova) i Geografije (npr. rijeke).

### 2. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Moguće je odgojno djelovati u smjeru razvijanja životnih navika koje pogoduju očuvanju životne okoline. To se primjerice može postići kroz razvijanje svijesti o značaju štednje energije i korištenje alternativnih izvora energije (npr. rasprava o energetskim klasama različitih uređaja). Kreativno-produktivna i poduzetnička kompetencija se mogu razvijati kroz implementiranje projekta na temu energije i zaštite okoliša.

Moguće je ukazati na potencijalne opasnosti do kojih može doći prilikom ronjenja, ali i prodiskutovati neke druge efekte po zdravlje čovjeka koji su posljedica promjene nadmorske visine. Također postoji značajan prostor za razvijanje kreativno-produktivne i poduzetničke kompetencije u okviru implementacije projekata (npr. izrada modela podmornice, hidraulične kočnice, sistem vodosnabdijevanja).

## A

### Priroda fizike i naučni metod

#### A.I.1

Provodi samostalno eksperimentalna istraživanja otvorenog tipa: identifikuje predmet istraživanja, prikuplja relevantne podatke, kreira modele, bira metode istraživanja, te analizira i prezentira rezultate istraživanja.

<p>Primjenjuje eksperimentalni metod u kontekstu fizike.</p>	<p>Računa i analizira mjerne pogreške.</p> <p>Evaluirá izbor eksperimentalnih metoda polazeći od procjene nedostataka eksperimentalne postavke i poteškoća u mjerenju.</p> <p>Predlaže poboljšanja u dizajnu eksperimenta.</p> <p>Prikuplja i obrađuje podatke koristeći se modernim tehnologijama (npr. software za obradu podataka, digitalna videoanaliza, senzori).</p>
<p>A.I.2 Primjenjuje matematički metod u kontekstu fizike.</p>	<p>Izvršava operacije nad vektorima (slaganje, razlaganje, množenje vektora skalarom, skalarni i vektorski proizvod dva vektora) u kontekstu opisivanja i rješavanja fizikalnih problema.</p> <p>Koristi linearnu i kvadratnu funkciju u kontekstu rješavanja fizikalnih problema.</p> <p>Rješava aproksimacijske i kontekstualno bogate probleme, te općenito probleme koji zahtijevaju kombinovanje većeg broja relacija.</p> <p>Kritički se odnosi prema postavci i rješenju problema, te razlikuje relevantne od irelevantnih informacija.</p> <p>Izvodi opći (simbolički) izraz za nepoznatu fizičku veličinu.</p> <p>Predlaže vlastite primjere fizikalnih problema.</p>
<p>A.I.3 Primjenjuje komunikacijske vještine u kontekstu fizike.</p>	<p>Objašnjava prirodne pojave, međudjelovanja i procese pozivajući se na osnovne principe fizike i koristeći vokabular fizike.</p> <p>Koristi raznovrsne tehnologije u sakupljanju, obradi i predstavljanju informacija.</p> <p>Tumači i koristi raznovrsne opće (riječi, crteži, grafikoni, tabele, matematički izrazi, makete, simulacije, video-snimci) i oblasno-specifične reprezentacije (dijagrame sila, dijagrame kretanja i energetske dijagrame) fizikalnih sadržaja i procesa.</p> <p>Izveštava o rezultatima svoga rada na način koji je prikladan karakteristikama ciljne publike, pri čemu je komuniciranje ideja potkrijepljeno čvrstim naučnim argumentima.</p>

## KLJUČNI SADRŽAJI

Svi sadržaji predviđeni za izučavanje u prvom razredu.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Eksperimentalni metod

Svi učestvuju u eksperimentalnim istraživanjima fizikalnih pojava putem demonstracionih ogleda, labaratorijskog ili projektnog rada: Ravnomjerna i promjenjiva kretanja npr. preko senzora pokreta), Provjera drugog Newtonovog zakona, Određivanje ubrzanja Zemljine teže kod slobodnog pada, Mjerenje koeficijenta statičkog i dinamičkog trenja, Provjera zakona održanja energije i impulsa.

Ovu listu potrebno je shvatiti samo kao preporuku, koja može biti i proširena na procjenu nastavnika i koja odražava jedan od mogućih konteksta za razvijanje učeničkih vještina korištenja eksperimentalnog metoda u nastavi fizike za prvi razred gimnazije.

Prilikom izvođenja eksperimenata potrebno je posvetiti posebnu pažnju na sigurnost i podsticati da se izvode eksperimenti sa lako pristupačnim materijalima.

## 2. Matematički metod

Potrebno je insistirati na metodičkom pristupu izradi fizikalnih zadataka: vizualizacija, fizikalna rasprava, kreiranje i implementacija matematičkog plana, kritički osvrt na rješenje zadatka.

Kod zadataka iz mehanike podsticati na korištenje dijagrama sile i dijagrama kretanja. Kod računskih zadataka koristiti znanja o rješavanju sistema jednačina sa više nepoznatih i kvadratnih jednačina. Koristiti znanja iz geometrije za rješavanje zadataka u kontekstu strme ravni.

## 3. Ovladavanje komunikacijskim vještinama u kontekstu fizike

Potrebno je u nastavi, kod uvođenja novih pojmova zahtijevati opis shvatanja pojmova na osnovu jezika svakodnevnice, kako bi se uočile eventualne jezičke miskoncepcije i omogućio proces konceptualne promjene.

Treba insistirati na kombiniranju velikog broja različitih prikaza informacija i na aktivnostima prevođenja jednih prikaza u druge. Također, potrebno je priuštiti brojne prilike za komuniciranje o fizikalnim pojavama i procesima – bilo da se radi o diskutiranju o ishodima eksperimenta, prezentiranju seminarskog rada ili pisanju pripreme za eksperimentalni rad.

Prilikom komuniciranja ideja o mehaničkim pojavama treba ohrabrivati skiciranje dijagrama kretanja i dijagrama sila.

### ► Srednje ► II.

### Godine učenja i podučavanja predmeta: 5

#### C

#### MOLEKULARNA FIZIKA I TERMODINAMIKA

##### C.II.1

Istražuje osnovne postavke molekularno-kinetičke teorije.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o historijskom razvoju molekularno-kinetičke teorije.

Razlikuje pojmove atoma, molekule i mola.

Uspoređuje kretanje, međusobno rastojanje i međudjelovanje molekula kod tvari u različitim agregatnim stanjima.

Uspoređuje pojmove temperature i unutrašnje energije tijela.

Eksperimentalno istražuje i tumači red veličine molekule.

##### C.II.2

Razlikuje kristalna i amorfna tijela.

Povezuje mehanička svojstva i deformacije tijela sa molekularnim pojavama u čvrstim tijelima.

Primjenjuje Hookeov zakon za različite vrste deformacija čvrstih tijela.

Analizira molekularne pojave u tečnostima i čvrstim tijelima.

Povezuje pojavu površinskog napona, kvašenja i kapilarnosti sa molekularnim pojavama u tečnostima.

Uspoređuje toplotno širenje čvrstih tijela i tečnosti.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama znanja o molekularnim pojavama u tehnici i svakodnevnicima (npr. značaj kapilarnosti za živu prirodu, značaj toplotnog širenja u građevinarstvu, hidroizolacija).

C.II.3

Istražuje molekularne pojave u gasovima.

Uspoređuje molekularne pojave u gasovima, tečnostima i čvrstim tijelima.

Izvodi relaciju za pritisak gasa na zidove posude.

Eksperimentalno istražuje (npr. kroz virtuelni eksperiment) i tumači zakone koji vrijede za izoprocese i adijabatske procese.

Primjenjuje različite reprezentacije gasnih zakona (npr. grafikoni ili formule) radi rješavanja fizikalnih problema.

Prikuplja i kritički procjenjuje mogućnosti primjene jednačine stanja idealnog gasa u raznovrsnim kontekstima (npr. disanje kod čovjeka, princip šprice).

## KLJUČNI SADRŽAJI

Građa tvari i osnove molekularno-kinetičke teorije, temperatura, unutrašnja energija i brzine molekula, idealan plin, Avogadrov i Daltonov zakon, pritisak idealnoga plina, opća jednačina stanja idealnoga plina, Maxwellova raspodjela, izoprocesi, adijabatski proces, termičko širenje tijela, površinske i kapilarne pojave kod tečnosti.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

U osmom razredu osnovne škole prvi put unutar nastave fizike uči se o modelu građe tvari. U gimnazijskoj nastavi očekuje se dodatno produblјivanje znanja o građi tvari (npr. dublje razmatranje međučestičnih veza), te da tako nadograđen model primjene kod razmatranja pojava u čvrstim tijelima, tečnostima i gasovima. Pokazuju se poteškoće sa razumijevanjem pojma mola; nerazumijevanje da prilikom rasprave o količini tvari uvijek moramo specificirati na koju vrstu čestica se odnosi (npr. 1 g vodika sadrži 1 mol atoma vodika, ali 0.5 molova molekula vodika). Osim toga, često se ne razumiju dobro razlike između idealnog i realnog gasa.

Imajući u vidu apstraktnu prirodu ove teme, nužno je najprije predočiti zorne vizuelne modele koji ilustriraju kretanja, rastojanja i međudjelovanje čestica u čvrstim tijelima, tečnostima i gasovima. U tom kontekstu je onda potrebno uvesti temeljne pojmove molekularno-kinetičke teorije i pružiti učenicima priliku da ih koriste u što većem broju situacija. Zatim se tako izgrađen model primjenjuje za objašnjavanje molekularnih pojava u tečnostima (npr. površinski napon), čvrstim tijelima (npr. deformacije) i gasovima (npr. izoprocesi). Kod prikazivanja gasnih procesa preporučivo je objašnjenje konstruirati kroz sljedeće korake: 1) kako je proces moguće ostvariti u laboratoriji; konkretna eksperimentalna postavka 2) objašnjenje procesa pomoću modela građe tvari 3) p-V grafikon

Potrebno je razviti svijest da u posudi sa lako pokretnim klipom, u stanju ravnoteže, pritisak gasa na zidove posude samo ovisi o vanjskom pritisku kojim klip djeluje na gas (npr. uz atmosferski pritisak tu imamo još i pritisak uslijed težine klipa sa utezima).

Molekularne pojave u tečnostima i gasovima pogodne su za demonstriranje oglada sa lako pristupačnim materijalima i virtuelnim ogledima.

## 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je ostvarivanje poveznica sa Biologijom (npr. hodanje insekata po vodi; disanje kod čovjeka; kapilarnost), Geografijom (npr. promjena temperature sa nadmorskom visinom) i Hemijom (npr. površinski napon i sapuni).

## 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Na primjeru historijskog razvoja modela građe tvari moguće je razvijati svijest o naučnim modelima kao kulturnom blagu najvećeg ranga, te o značaju kritičkog razmišljanja i otvorenosti uma za razvoj naučne misli, a time i čovječanstva.

<p>C.II.4 Kombinuje znanje o unutrašnjoj energiji, toploti i radu.</p>	<p>Analizira historijski razvoj termodinamike i uticaj tog razvoja na ljudsko društvo.</p> <p>Identificira različite vidove prijenosa toplotne energije u kontekstu primjera iz svakodnevnice.</p> <p>Eksperimentalno utvrđuje toplotni kapacitet datog tijela.</p> <p>Koristi jednačinu termičke ravnoteže u raznovrsnim kontekstima.</p> <p>Objašnjava I zakon termodinamike.</p> <p>Prikuplja i kritički procjenjuje primjene znanja o toplotnim procesima u praksi (npr. termoizolacija i ušteda energije u domaćinstvu, efekat staklene bašte).</p>
<p>C.II.5 Analizira promjene agregatnih stanja.</p>	<p>Objašnjava procese uslijed kojih dolazi do promjene agregatnog stanja tijela.</p> <p>Analizira grafikone koji prikazuju ovisnost temperature o dovedenoj ili odvedenoj količini toplotne energije tokom vremena.</p> <p>Uspoređuje i razlikuje pojmove isparavanja, ključanja i kondenzovanja.</p> <p>Koristi pojmove toplote očvršćavanja, topljenja, isparavanja i kondenziranja u kvalitativnim i kvantitativnim kontekstima.</p> <p>Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o agregatnim prijelazima u svakodnevnici i tehnici (npr. proces znojenja, mraz, smog, kruženje vode).</p>
<p>C.II.6 Kombinuje temeljne zakone termodinamike u raznovrsnim kontekstima.</p>	<p>Razlikuje termodinamička stanja i procese.</p> <p>Kombinuje znanje I i II zakona termodinamike prilikom rješavanja kvalitativnih i kvantitativnih problema.</p> <p>Skicira p-V grafikon na osnovu verbalnog opisa termodinamičkog procesa.</p> <p>Određuje rad gasa (ili nad gasom) analitički ili na osnovu p-V grafikona.</p> <p>Opisuje princip rada automobilskih motora, frižidera i klima uređaja, uključujući i veličine koje opisuju njihovu energetska efikasnost.</p>

KLJUČNI SADRŽAJI



Osnovni pojmovi termodinamike, fazni prijelazi. rad plina, količina toplote. specifični toplotni kapacitet, I zakon termodinamike, Carnotov ciklus, II zakon termodinamike, III zakon termodinamike, princip rada toplotnih mašina.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

O toplotnim pojavama učilo se u osmom razredu osnovne škole. U gimnaziji se očekuje opis toplotnih pojava služeći se nekim dodatnim veličinama (npr. entropija), teprimjena u složenijim kontekstima (npr. toplotne mašine). Međutim, pokazuje se da je termodinamika jako zahtjevna, jer traži sistemsko i aproksimacijsko razmišljanje, više nego mnoge druge oblasti.

Preporučuje se uvođenje I zakona termodinamike kroz ukazivanje na ograničenja teorema o energiji i radu; ako uz makroskopsku mehaničku energiju uvedemo i unutrašnju energiju, potrebno je uz radnu interakciju uvesti i toplotnu interakciju sistema sa okolinom kao način promjene energije sistema. Pri tome se toplo preporučuje jasno uvesti konvenciju o predznacima; količina rada i toplote se uzimaju sa pozitivnim predznakom ukoliko sistem prima energiju, a inače se uzimaju sa negativnim predznakom. Utvrđivanje znanja o I zakonu termodinamike moguće je izvršiti kroz ponovno razmatranje gasnih procesa, sada iz perspektive ovog zakona. Rad sistema i nad sistemom treba razmotriti analitički, ali obavezno i kroz interpretiranje p-V grafikona.

Treba istaknuti da I zakon termodinamike govori o očuvanju energije, a II zakon termodinamike govori o degradaciji energije do koje dolazi u transformacijama energije koje se dešavaju u toplotnim mašinama. Pojam ciklične toplotne mašine i neophodnost postojanja toplog i hladnog rezervoara moguće je uvesti kroz ogled sa staklenom špricom ispunjenom vazduhom koja se naizmjenično stavlja u vrelu i hladnu vodu i vrši rad nad malim utezima postavljenim na klip. Rad će biti pozitivan samo ukoliko prije vraćanja klipa u početni položaj klip uronimo u hladnu vodu.

Prilikom razmatranja promjene agregatnih stanja poželjno je primijeniti znanje o međučestičnim vezama, te analizirati grafikone ovisnosti temperature o vremenu za veliki broj različitih situacija.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće su poveznice sa Biologijom (npr. hlađenje znojenjem), Hemijom (npr. međučestične veze kod promjene agregatnih stanja), Historijom (npr. društveno-historijske posljedice pojave toplotnih mašina), Geografijom (npr. meteorološke pojave i fizika atmosfere).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Moguće je ostvariti odgojno djelovanje kada je u pitanju razvijanje stavova o efektima razvoja, nauke i tehnologije na ljudsko društvo (ti efekti mogu biti pozitivni, ali u isto vrijeme i negativni). Također, moguće je razvijati svijest o efektu staklene bašte, globalnom otopljanju i načinima čuvanja okoliša (npr. štednja energije). Moguće je razvijati kreativno-produktivnu i poduzetničku kompetenciju kroz implementaciju projekata (npr. razvoj motora na topli vazduh; Stirlingov motor).

## D ELEKTRICITET I MAGNETIZAM

D.II.1

Povezuje razvoj ideja o atomskoj strukturi materije sa razvojem razumijevanja o električnim pojavama.

Opisuje sličnosti i razlike između Coulombovog zakona i Newtonovog zakona gravitacije.

<p>Primjenjuje znanje o međudjelovanju električnih naboja</p>	<p>Koristi Coulombov zakon radi rješavanja kvantitativnih i kvalitativnih problema.</p> <p>Primjenjuje princip superpozicije radi određivanja rezultujuće električne sile u određenoj tački prostora (za sistem tačkastih naboja).</p> <p>Istražuje primjenu zakonitosti elektrostatike u svakodnevnicima (npr. printer, prskalice isl.).</p>
<p>D.II.2</p> <p>Primjenjuje pojam električnog polja radi analiziranja pojava i procesa u elektrostatici</p>	<p>Tumači konceptualno značenje izgleda linija električnog polja, u konkretnim primjerima.</p> <p>Kombinuje pojmove sile, rada, potencijalne energije, potencijala i/ili napona radi rješavanja kvalitativnih i kvantitativnih zadataka.</p> <p>Primjenjuje znanje o kondenzatorima radi rješavanja kvalitativnih i kvantitativnih problema.</p> <p>Objašnjava kretanje naelektrisane čestice u homogenom električnom polju.</p>
<p>D.II.3</p> <p>Analizira pojavu i efekte protjecanja električne struje u čvrstim tijelima, tečnostima i gasovima</p>	<p>Uspoređuje uslove potrebne za protjecanje prelazne i stalne struje.</p> <p>Uspoređuje modele vođenja električne struje kroz čvrsta tijela, tečnosti i gasove.</p> <p>Tumači svojstvo otpornosti i njegovu vezu sa temperaturom polazeći od modela građe tvari.</p> <p>Uspoređuje efekte protjecanja električne struje u tečnostima, gasovima i čvrstim tijelima.</p> <p>Objašnjava pojavu munje, te nudi odgovarajuće preporuke koje se tiču zaštite ličnog zdravlja i električnih uređaja.</p>

## KLJUČNI SADRŽAJI

Elektricitet i atomska struktura tvari, Coulombov zakon, električno polje., jačina električnoga polja, električni potencijal, napon i rad u električnome polju, električni kapacitet, kondenzatori i vezivanje kondenzatora, energija električnoga polja, kretanje naboja u električnome polju, katodna cijev i elektricitet u atmosferi, statički elektricitet kod aparata.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline– metodičke smjernice

O elektrostatici se prvi put uči u devetom razredu osnovne škole. U srednjoškolskoj nastavi se u nešto većoj mjeri pažnja posvećuje određivanju polja u slučaju većeg broja naelektrisanja, te razmatranju pojava u električnom polju iz perspektive rada i energije. Poteškoće sa učenjem ove oblasti uglavnom su uzrokovane nedostatkom direktnog fizičkog iskustva sa elektrostatičkim pojavama. Tako npr. se često smatra da se provodnik može naelektrisati, ali izolator ne. Osim toga, električnu influenciju i polarizaciju dielektrika mnogi objašnjavaju tvrdnjom da sa naelektrisane šipke "naelektrisanje prelazi" na posmatrani provodnik odnosno izolator. Pri tome se naelektrisanje percipira samo po sebi kao objekt umjesto kao svojstvo objekta (npr. elektrona), a pozitivno naelektrisanje se pogrešno pripisuje primanjem protona. Kada je u pitanju Coulombov zakon, mnogi pokušavaju da ga koriste i za tijela proizvoljnog oblika, a što se tiče električnog polja, često ne vide ni svrhu uvođenja tog pojma i smatraju da ga nema u prostoru između linija polja. Osim toga, često smatraju da je jačina električnog polja na jednoj ekvipotencijalnoj liniji svugdje ista.

Preporučivo je prvo pomoći da se razvije mentalni model naboja koji uključuje razumijevanje procesa naelektrisavanja, očuvanja naboja i vezu između mikro i makro pojava. Ovaj model se jedino može izgraditi kroz izvođenje ogleđa. Prilikom uvođenja Coulombovog zakona treba naglasiti eksplicitno njegova ograničenja. Dalje, treba uvesti pojam električnog polja pri čemu je preporučivo istaknuti da: polje postoji u svim tačkama prostora; polje postoji neovisno o prisustvu probnog naboja; i pored toga što se vektor jačine električnog polja crta tako da se “prostire kroz prostor”, on karakteriše uvijek samo jednu tačku, u kojoj je početak vektora. Kada je u pitanju pojam potencijala, preporučivo ga je uvesti kao svojstvo polja, preko pojma rada. Općenito, treba nastojati izvršiti transfer znanja iz oblasti gravitacionog polja i mehaničke energije, u oblast električnog polja. Treba obezbijediti mogućnost tretiranja pojave polazeći od zakona očuvanja energije. Osim toga, treba u kontekstu ekvipotencijalnih linija ukazati na veze između pojmova potencijala i jačine električnog polja. Preporučivo je ukazati da se razlike potencijala uspostavljaju uvijek zbog razdvajanja naboja, te objasniti kako se to razdvajanje naboja koristi za skladištenje energije kod kondenzatora.

## 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je ostvarivanje poveznica sa Biologijom (npr. membranski potencijal), Geografijom (npr. analogija topografske mape i ekvipotencijalnih linija), Hemijom (npr. vezanost elektrona u atomima različitih materijala) i matematikom (npr. slaganje vektora).

## 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Pojam polja jedan je od ključnih u fizici i njegovo savladavanje je bitno za vertikalno nadograđivanje znanja u oblasti Fizike. Odgojno se može djelovati kroz upoznavanje sa primjenama elektrostatičke u tehnologiji (npr. prečišćivači vazduha) koje mogu unaprijediti kvalitet življenja. Kroz opis Millikanovog eksperimenta moguće je razvijati stav o značaju upornosti za uspjeh.

D.II.4

Sastavlja i istražuje strujna kola istosmjerne struje

Sastavlja složeno strujno kolo u skladu sa zadanom shemom ili crta shemu prema zadanom složenom kolu.

Eksperimentalno istražuje i opisuje naponsko-strujnu karakteristiku provodnika.

Koristi Ohmov i Joule-Lenzov zakon, te Kirchhoffova pravila radi rješavanja kvalitativnih i kvantitativnih problema i određivanja vrijednosti fizikalnih veličina u složenom strujnom kolu.

Prikuplja i kritički procjenjuje primjene strujnih kola istosmjerne struje u raznovrsnim kontekstima.

D.II.5

Objašnjava svojstva poluprovodnika i analizira različite vidove primjene poluprovodnika u praksi

Identificira sličnosti i razlike između poluprovodnika, provodnika i izolatora, polazeći od modela građe tvari.

Opisuje princip rada poluprovodničke diode, tranzistora i pojačala..

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o raznovrsnim primjenama poluprovodnika u svakodnevici i tehnici (npr. zaštita uređaja, LED, protuprovalni alarm, mjerenje temperature i intenziteta svjetlosti).

## KLJUČNI SADRŽAJI

Istosmjerna struja. Električni strujni krug i električni otpor. Otpornici. Paralelno i serijsko vezivanje otpornika. Ohmov zakon (jednostavni i složeni strujni krugovi). Kirchhoffova pravila. Rad, snaga i energija električne struje. Električna struja u tekućinama i plinovima. Poluvodiči i poluvodički elementi.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

## 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

U devetom razredu osnovne škole uči se o istosmjernoj električnoj struji. U srednjoj školi se očekuje da se u većoj mjeri uči o protjecanju električne struje kroz tečnosti, gasove i poluprovodnike. Međutim, i u srednjoj školi se često ispoljavaju miskoncepcije o električnoj struji; npr. mnogi vjeruju da je baterija izvor elektrona i da jedna te ista baterija “daje” uvijek istu jačinu struje, bez obzira na kakvo kolo se spoji. Osim toga, često se vjeruje da se jačina struje troši prilikom protjecanja kroz uređaje, te vjeruju da lokalne modifikacije kola ne utječu na ostatak kola.

Preporučuje se prvo na primjeru jednostavnog kola dodatno utvrditi i produbiti znanje o temeljnim veličinama kao što su jačina struje, napon i električni otpor. Potrebno je nadovezati se na znanje elektrostatike, te npr. pokazati da kod pražnjenja kondenzatora nastaje prelazna struja. Nakon toga moguće je nadovezati se i na ideju da je za postojanje razlike potencijala nužno razdvajanje naboja, što nam služi kao polazna osnova za uvođenje pojma baterije. Nakon toga se iz perspektive transformacija energije može analizirati funkcioniranje jednostavnog kola, i miskoncepcija o trošenju jačine struje se može prevazići koncepcijom o “trošenjem, tj. degradaciji” energije. Kod razmatranja složenijih kola treba razvijati svijest da se shema jednog te istog kola može crtati različito (npr. kod paralelne veze otpornika, otpornici ne moraju biti prikazani paralelno jedan drugome). Radi funkcionalnosti znanja u praksi bitno je tumačiti i pojam električne snage, npr. značenje da je snaga sijalice 100 W.

Za efikasno učenje ove oblasti, a posebno za učenje o poluprovodnicima, od ključnog je značaja da učenici prethodno uče o hemijskim vezama u čvrstim tijelima, energiji jonizacije i molekularno-kinetičkoj teoriji.

## 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Radi boljeg razumijevanja protjecanja električne struje kroz različite materijale, od ključnog je značaja kreirati poveznice sa modelom građe tvari koji se između ostalog razvija i kroz predmet Hemija. Također je moguće kreirati poveznice i sa predmetom Historija (npr. utjecaj izuma u oblasti električne struje na razvoj društva).

## 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Moguće je razvijati tjelesno-zdravstvenu kompetenciju kroz razvijanje znanja o zaštiti od udara munje. Osim toga, moguće je razvijati i svijest o utjecaju razvoja znanja o električnoj struji na društveni razvoj. Tematika električnih auta može poslužiti za diskusiju o mogućnostima zaštite okoliša.

## A

### PRIRODA FIZIKE I NAUČNI METOD

#### A.II.1

Primjenjuje eksperimentalni metod u kontekstu fizike.

Provodi samostalno eksperimentalna istraživanja otvorenog tipa: identifikuje predmet istraživanja, prikuplja relevantne podatke, kreira modele, bira metode istraživanja, te analizira i prezentira rezultate istraživanja.

Računa i analizira mjerne pogreške.

Predlaže poboljšanja u dizajnu eksperimenta.

Prikuplja i obrađuje podatke koristeći se modernim tehnologijama (npr. software za obradu podataka, digitalna videoanaliza, senzori).

#### FIZ-5.2.1 FIZ-5.2.3

Izvršava operacije nad vektorima (slaganje, razlaganje, množenje vektora skalarom, skalarni i vektorski proizvod dva vektora) u kontekstu opisivanja i rješavanja fizikalnih problema.

Koristi i trigonometrijsku funkciju u kontekstu rješavanja fizikalnih problema.

A.II.2

Primjenjuje matematički metod u kontekstu fizike.

Rješava aproksimacijske i kontekstualno bogate probleme, te općenito probleme koji zahtijevaju kombinovanje većeg broja relacija.

Kritički se odnosi prema postavci i rješenju problema, te razlikuje relevantne od irelevantnih informacija.

Izvodi opći (simbolički) izraz za nepoznatu fizičku veličinu.

Predlaže vlastite primjere fizikalnih problema.

FIZ-5.2.1 FIZ-5.2.2

A.II.3

Primjenjuje komunikacijske vještine u kontekstu fizike.

Objašnjava prirodne pojave, međudjelovanja i procese pozivajući se na osnovne principe fizike i koristeći vokabular fizike.

Koristi raznovrsne tehnologije u sakupljanju, obradi i predstavljanju informacija.

Opisuje i koristi raznovrsne opće (riječi, crteži, grafikoni, tabele, matematički izrazi, makete, simulacije, video-snimci) i oblasno-specifične reprezentacije (dijagrame sila, dijagrame kretanja i energetske dijagrame) fizikalnih sadržaja i procesa.

Izveštava o rezultatima svoga rada na način koji je prikladan karakteristikama ciljne publike, pri čemu je komuniciranje ideja potkrijepljeno čvrstim naučnim argumentima.

FIZ-5.1.1 FIZ-5.2.3 FIZ-5.3.2

## KLJUČNI SADRŽAJI

Svi sadržaji predviđeni za izučavanje u drugom razredu.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Eksperimentalni metod

Svi učestvuju u eksperimentalnim istraživanjima i fizičkih pojava putem demonstracionih oglada, labaratorijskog ili projektnog rada: Provjera zakonitosti kod gasnih izoprocesa, Određivanje specifičnoga toplotnog kapaciteta kalorimetrom, Zavisnost perioda matematičkog klatna o dužini klatna, Mjerenje koeficijenta površinskog napona, Određivanje brzine zvuka u vazduhu, Mjerenje frekvencije zvuka – rezonancija vazdušnog stuba u staklenoj cijevi.

Ovu listu potrebno je shvatiti samo kao preporuku, koja može biti i proširena na osnovu procjene nastavnika i koja odražava jedan od od mogućih konteksta za razvijanje učeničkih vještina korištenja eksperimentalnog metoda u nastavi fizike za drugi razred gimnazije.

Prilikom izvođenja eksperimenata iz kalorike potrebno je posvetiti posebnu pažnju na sigurnost eksperimentiranja sa toplotnim izvorima i podsticati izvođenje oglede sa lako pristupačnim materijalima.

### 2. Matematički metod

Potrebno je insistirati na metodičkom pristupu izradi fizikalnih zadataka: vizualizacija, fizikalna rasprava, kreiranje i implementacija matematičkog plana, kritički osvrt na rješenje zadatka.

Matematičko znanje koje se odnosi na rješavanje linearnih i kvadratnih jednačina treba razvijati i u ovom razredu, a također i znanja iz trigonometrije.

### 3. Ovladavanje komunikacijskim vještinama u kontekstu fizike

Potrebno je, u nastavi, kod uvođenja novih pojmova zahtijevati opis tih pojmova jezikom svakodnevnice, kako bi se uočile eventualne jezičke miskoncepcije i omogućio proces konceptualne promjene.

Treba insistirati na kombiniranju velikog broja različitih prikaza informacija i na aktivnostima prevođenja jednih prikaza u druge. Također, potrebno je pripremiti brojne prilike za komuniciranje o fizikalnim pojavama i procesima – bilo da se radi o diskutiranju o ishodima eksperimenta, prezentiranju seminarskog rada ili pisanju pripreme za eksperimentalni rad.

Prilikom komuniciranja ideja o toplotnim pojavama treba ohrabrivati skiciranje p-V dijagrame i energetskih dijagrama.

## ► Srednje ► III.

### Godine učenja i podučavanja predmeta: 6

#### B MEHANIKA

##### B.III.1 Istražuje oscilatorno kretanje

Opisuje veze između harmonijskog oscilovanja i jednolikog kružnog kretanja.

Eksperimentalno istražuje i analizira faktore o kojima ovisi period oscilovanja matematičkog, fizičkog i elastičnog klatna (opruga).

Tumači grafikonski prikaz ovisnosti elongacije o vremenu služeći se terminima koji opisuju oscilatorno kretanje (npr. početna faza, faza, elongacija, amplituda, period, brzina oscilovanja).

Uspoređuje slobodne, prinudne i prigušene oscilacije polazeći od ključnog koncepta energije.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o rezonanciji i njenim primjenama u svakodnevici i tehnici (npr. građevinska industrija, akustika).

##### B.III.2 Istražuje talasno kretanje

Objašnjava mehanizme nastanka, prostiranja, apsorpcije, odbijanja i prelamanja mehaničkih talasa (npr. u kontekstu talasa na vodi).

Povezuje verbalna, grafička i analitička (talasna funkcija) predstavljanja talasnog kretanja.

Rješava kvalitativne i kvantitativne probleme u kontekstu mehaničkih talasa.

Istražuje i opisuje pojave konstruktivne i destruktivne interferencije, kao i difrakcije mehaničkih talasa (npr. u kontekstu talasa na vodi).

Objašnjava pojavu stojećih talasa u kontekstu talasa koji se prostire kroz užu.

##### B.III.3

Objašnjava mehanizme nastanka, prostiranja, apsorpcije, odbijanja i prelamanja zvučnih talasa, uzimajući u obzir model građe tvari i koncept energije.

Uspoređuje prostiranje zvučnih talasa kroz tečnosti, čvrsta tijela i gasove.

Primjenjuje znanje o zvučnim talasima u raznovrsnim kontekstima

Tumači raznovrsne forme predstavljanja zvučnih talasa radi izvođenja zaključaka o parametrima zvučnog talasa (npr. amplituda, period, talasna dužina, brzina, jačina zvuka).

Rješava kvalitativne i kvantitativne probleme radi određivanja parametara zvučnog talasa.

Objašnjava pojavu Dopplerovog efekta u akustici.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama akustike u svakodnevnici i tehnici (npr. princip rada muzičkih instrumenata, prenošenje energije posredstvom talasa kod zemljotresa i cunamija, mjerenje brzine protoka krvi pomoću Dopplerovog efekta).

## KLJUČNI SADRŽAJI

Harmonijsko oscilovanje, klatno, energija oscilovanja, prinudne, neprigušene i prigušene oscilacije, rezonancija, postanak i vrste mehaničkih talasa, prijenos energije kod mehaničkih talasa, talasna funkcija, brzina talasa, Huygensov princip, odbijanje i prelamanje talasa, interferencija, difrakcija i polarizacija talasa, superpozicija talasa, stojeći talasi, zvuk, infrazvuk, ultrazvuk, svojstva zvuka, intenzitet zvuka, izvori zvuka, apsorpcija zvuka, Dopplerov efekat, ultrazvuk.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

O oscilacijama i talasima uči se u devetom razredu osnovne škole, pri čemu se upoznaje sa značenjem ovih pojmova i temeljnim veličinama koje karakterišu oscilatorno i talasno kretanje. U srednjoj se razmatraju dodatne talasne pojave (npr. Dopplerov efekt) i intenzivnije se koristi matematički aparat (npr. računanje jačine zvuka). Mnogo je poteškoća u razumijevanju pojma faze, a razmatranje talasnog kretanja otežano je i zbog same činjenice da se kod talasa radi o funkcijama dvije promjenjive (prostorna i vremenska koordinata). Značajne poteškoće povezane su i sa činjenicom da u ovoj oblasti treba koristiti relativno zahtjevan matematički aparat, tj. trigonometrijske i logaritamske funkcije.

Preporučivo je kod opisa harmonijskog oscilovanja pristupiti egzemplarno, kroz izučavanje oscilovanja tijela na opruzi, kao tipičnog primjera harmonijskog oscilovanja. Preporučuje se istovremeno prikazivati oscilovanje tijela i iscrtavanje grafikona ovisnosti elongacije u vremenu, te ova predstavljanja kretanja povezati sa formulom za ovisnost elongacije o vremenu. U tom kontekstu moguće je uvesti i pojam faze kao veličine kojom je određeno jedno stanje oscilovanja, a kao uzrok oscilovanja uvesti restitucionu silu. Intenzivno kombiniranje različitih reprezentacija (simulacija, grafikona, riječi i formula) preporučuje se i kod talasnog kretanja. Kako kod oscilatornog, tako i kod talasnog kretanja, prije prelaska na matematičke reprezentacije preporučuje se intenzivna verbalizacija ideja o posmatranom kretanju. Pošto je talasno kretanje funkcija kako vremenske tako i prostorne koordinate, preporučuje se analizirati talas pomoću dvije vrste grafikona: grafikon koji prikazuje ovisnost elongacije o prostornoj koordinati u fiksnom trenutku, te grafikon koji opisuje elongaciju o ovisnosti o vremenu za fiksnu prostornu tačku. Kod zvučnih talasa nužno je skrenuti pažnju na činjenicu da se čestice sredine ne kreću po sinusoidi; sinusoida samo prikazuje oscilacije pritiska u jednoj tački prostora ili vremena. Na primjeru zvučnih talasa moguće je demonstrirati kako talasi prenose energiju. Neke poteškoće proističu iz ustaljenih načina prikazivanja stojećih talasa; tako npr. treba ukazati da kod stojećih zvučnih talasa u cijevima ispunjenim vazduhom čestice ne osciluju poprečno na cijev, kao što se čini iz sinusoida kojom predstavljamo taj talas.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je kreiranje značajnih poveznica sa Biologijom (npr. kako čujemo?), Psihologijom i Muzičkom kulturom (npr. muzikoterapija, princip rada muzičkih instrumenata), te Geografijom (npr. cunami, vjetar).



Jako je značajno i ostvarivanje poveznica sa Matematikom (npr. korištenje logaritamskih i trigonometrijskih funkcija u autentičnim kontekstima).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Potrebno je ukazati na opasnosti izlaganja buci, te na mjere zaštite koje je moguće poduzeti u slučaju zemljotresa. Moguće je provesti i projekt radi mjerenja razina buke u svom okruženju, te na taj način razvijati poduzetnost.

## D ELEKTRICITET I MAGNETIZAM

### D.III.1

Istražuje svojstva stalnih magneta i karakteristike magnetnog polja.

Tumači pojam elementarnog magneta, polazeći od znanja o građi tvari.

Istražuje i opisuje magnetno polje Zemlje.

Uspoređuje magnetno i električno polje ukazujući na njihovu vektorsku prirodu.

Opisuje razlike između dijamagnetika, paramagnetika i feromagnetika.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama znanja o magnetizmu u svakodnevici i tehnici (npr. polarna svjetlost, orijentacija kod pojedinih životinjskih vrsta).

### D.III.2

Primjenjuje znanje o magnetnim efektima električne struje i djelovanju magnetnog polja na naboj u kretanju.

Uspoređuje magnetno polje pravolinijskog provodnika, kružnog provodnika i solenoida.

Predviđa način kretanja naelektrisanih čestica u magnetnom polju.

Uspoređuje Lorentzovu i Ampereovu silu.

Rješava kvalitativne i kvantitativne probleme koji se odnose na magnetno polje električne struje i djelovanje magnetnog polja na naboj u kretanju.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o mogućnostima primjene znanja o elektromagnetizmu u praksi (npr. elektromagnetne dizalice, ciklotron, elektromotor).

### D.III.3

Istražuje pojavu elektromagnetne indukcije i mogućnosti njene primjene u praksi.

Eksperimentalno istražuje i opisuje različite načine mijenjanja magnetnog fluksa kroz provodnik koji rezultiraju pojavom elektromagnetne indukcije.

Tumači pojavu elektromagnetne indukcije na mikroskopskom nivou (razdvajanje naboja u provodniku).

Razlikuje međusobnu indukciju i samoindukciju.

Koristi Faradayev i Lenzov zakon radi rješavanja kvalitativnih i kvantitativnih problema.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama elektromagnetne indukcije u praksi (npr. indukciona peć).

## KLJUČNI SADRŽAJI

Magnetna svojstva na nivou atoma, veličine koje karakterišu magnetno polje, elementarni magneti, Oerstedov ogled, magnetno polje provodnika sa strujom (pravolinijski i kružni provodnik, zavojnica), djelovanje magnetskoga polja na provodnike sa strujom i uzajamno djelovanje strujnih provodnika, princip rada galvanometra, ampermetra i voltmetra, odnosi jačina gravitacionog, električnog i magnetnog polja, kretanje naboja u magnetnom polju, elektromagnetna indukcija, Faradayev zakon, Lenzovo pravilo, samoindukcija i uzajamna indukcija.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

U osnovnoj školi učilo se o magnetizmu u devetom razredu. U gimnazijskoj nastavi produbiti znanje o ponašanju tvari u magnetskom polju, te pomoću kompleksnijeg matematičkog aparata izučavati magnetske pojave. Međutim, pokazuju se miskoncepcije o magnetizmu i u gimnaziji; npr. često vjerovanje da negativno naelektrisana šipka privlači sjeverni pol magneta, a odbija južni. Kada je u pitanju elektromagnetna indukcija, najveća poteškoća ogleda se u čestom miješaju magnetskog fluksa i promjene fluksa.

Preporučuje se najprije u kontekstu stalnih magneta uvesti pojam magnetskog polja, pri čemu će probni naboj iz elektrike zamijeniti magnetna igla kao indikator jačine i smjera magnetskog polja u određenoj tački prostora. Na osnovu činjenice da se i u prostoru oko provodnika dešava otklon magnetne igle, moguće je povezati magnetizam stalnih magneta i elektromagneta. Tu vezu moguće je dalje razvijati kroz razmatranje sila kojima neko vanjsko magnetno polje djeluje na okvir sa strujom, na sličan način kao što bi djelovalo i na stalni magnet. Kada je u pitanju elektromagnetna indukcija, snažno se preporučuje demonstriranje što većeg broja različitih situacija koje dovode do induciranja elektromotorne sile, ali i onih situacija koje suprotno očekivanjima ne dovode do elektromagnetne indukcije. Ogled u kojem se ispituje međudjelovanje solenoida sa strujom i aluminijskog prstena okačenog uz otvor solenoida, nudi plodotvoran kontekst za uvođenje Lenzovog zakona i utvrđivanje znanja o elektromagnetnoj indukciji. Kao i kod mehaničkih i toplotnih mašina, i ovdje se preporučuje razmatranje stepena korisnog djelovanja električnih mašina.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće su poveznice sa Hemijom (npr. karakteristike materijala i podjela na feromagnete, paramagnete i dijamagnete), Biologijom (npr. transkranijalna magnetska simulacija mozga) i Geografijom (npr. magnetno polje Zemlje i navigacijski uređaji).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Razmatranje stepena korisnog djelovanja električnih uređaja može da omogući odgojno djelovanje usmjereno ka efikasnijoj i štednjoj energije. Poduzetnost i kreativno-produktivna kompetencija se može razvijati kroz implementiranje projekta iz oblasti elektromagnetizma (npr. izrada modela elektromotora).

#### D.III.4

Analizira kola naizmjenične struje i njihovu primjenu u praksi.

Opisuje razlike između istosmjerne i naizmjenične struje, uključujući i mehanizme njihovog dobijanja.

Tumači značenje frekvencije i efektivne vrijednosti naizmjenične struje.

Izvodi zaključke o naizmjeničnoj struji na osnovu datih grafikona (npr. tumači ovisnost trenutne jačine struje o vremenu).

Definiše termogeni, kapacitivni i induktivni otpor.

Koristi znanje o strujnim kolima naizmjenične struje radi rješavanja kvalitativnih, kvantitativnih i eksperimentalnih problema.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o naizmjeničnoj struji u kontekstu svakodnevnice, medicine i tehnike (npr. sistem prijenosa električne energije, opasnosti koje prijete od istosmjerne i naizmjenične struje).

### D.III.5

Uspostavlja veze između elektromagnetnih oscilacija i talasa, te kritički procjenjuje primjene elektromagnetskih talasa u svakodnevnici.

Opisuje pretvaranje energije u električnom oscilatornom kolu.

Opisuje ovisnost brzine prostiranja elektromagnetnih talasa o električnim i magnetnim svojstvima sredine.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama elektromagnetnih talasa u praksi (npr. mikrovalna pećnica, rendgenski snimak, prijenos informacija na daljinu).

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o problemu elektromagnetnog zagađenja i utjecaju istog na čovjekovo zdravlje.

### FIZ-1.3.6

## KLJUČNI SADRŽAJI

Dobivanje i svojstva naizmjenične struje, efektivne vrijednosti struje i napona, otpori u kolu naizmjenične struje, snaga naizmjenične struje, transformatori i generatori, prijenos električne energije, zatvoreni i otvoreni električni titrajni krug, Thomsonova formula, elektromagnetski talasi i spektar elektromagnetskih talasa.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

Kada su u pitanju elektromagnetni talasi i naizmjenična struja, u osnovnoškolskoj nastavi fizike stečeno je samo osnovno znanje o karakteristikama elektromagnetnog spektra. U gimnaziji se očekuje produbljivanje razumijevanja pojma elektromagnetnog talasa, načina njihovog nastajanja i njihovih karakteristika. Osim toga, očekuje se razvijanje razumijevanja o kolima naizmjenične struje. Kada su u pitanju miskoncepcije, one su slične kao kod kola istosmjerne struje, a kada je u pitanju elektromagnetni talas, mnogi vjeruju da je ravni elektromagnetni talas prostorno ograničen sinusoidom koja služi za njegovo predstavljanje.

Unutar ove tematske cjeline preporučuje se pojam naizmjenične struje i ključne veličine koje ga opisuju uvesti najprije u kontekstu jednostavnog kola koje uključuje samo termogeni otpor. Zatim se može uvesti pojam transformatora, te istaknuti značaj transformatora za sistem snabdijevanja električnom energijom. U nastavku se preporučuje razmatranje električnih kola u kontekstu domaćinstva, kao i tematika zaštite od strujnog udara i pružanja pomoći unesrećenom; u tom kontekstu se može kreirati poveznica između naizmjenične struje i istosmjerne struje koja se u konačnici koristi kod većeg broja uređaja (npr. kod računara). Najzad, preporučivo je pažnju posvetiti konceptualnom značenju kapacitivnog i induktivnog otpora, prije nego pređemo na razmatranje oscilatornih kola. Kod razmatranja oscilatornog kola, savjetuje se korištenje analogije sa mehaničkim oscilacijama i prikazivanje simulacije procesa koji se dešavaju u oscilatornom kolu. Poželjno je razmotriti kvalitativno i kvantitativno primjenu oscilatornih kola (npr. kod radio prijemnika). Induciranje magnetnog polja uslijed promjene električnog, i obratno, upravo je u srži generiranja elektromagnetnih talasa. Ovu činjenicu je potrebno zorno ilustrirati kroz simulaciju ili misaoni eksperiment. Potrebno je posebno obratiti pažnju na korektan način tumačenja ilustracije ravnog elektromagnetnog talasa.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je kreiranje poveznice sa Biologijom (npr. biološki efekti električne struje).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Moguće je značajno odgojno djelovanje po pitanju prevencije i zaštite od strujnog udara, kao i osnova pružanja pomoći unesrećenom. Također je moguće razvijati i svijest o karakteristikama različitih vrsta elektromagnetnog zračenja i njihovom utjecaju na živu prirodu. U tom smislu se može razvijati kreativno-produktivna kompetencija i tjelesno-zdravstvena kompetencija kroz projekt o pojavi elektromagnetskog zagađenja.

## E

### OPTIKA I MODERNA FIZIKA

#### E.III.1

Analizira razvoj ideja o prirodi svjetlosti i primjenjuje temeljne zakone fotometrije

Analizira historijski razvoj ideja o prirodi svjetlosti i njihov značaj za razvoj moderne slike svijeta.

Uspoređuje pojmove svjetlosnog fluksa, jačine svjetlosti i osvijetljenosti.

Rješava kvantitativne i kvalitativne probleme u oblasti fotometrije.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o rasvjeti u enterijerima i eksterijerima radi postizanja optimalne osvijetljenosti i maksimalne uštede energije.

#### E.III.2

Istražuje temeljne zakonitosti i pojave iz oblasti geometrijske optike

Eksperimentalno istražuje i tumači temeljne zakone geometrijske optike.

Grafički predstavlja uz objašnjavanje prirodne pojave primjenjujući zakone geometrijske optike..

Rješava kvalitativne i kvantitativne probleme služeći se znanjem o prostiranju, odbijanju i prelamanju svjetlosti.

Izvodi zaključke o preslikavanju predmeta služeći se analitičkim i grafičkim predstavljajima (npr. preslikavanje na ogledalima i sočivima).

Analizira princip rada optičkih instrumenata.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama geometrijske optike u raznovrsnim autentičnim kontekstima (npr. optički kablovi, korekcije oštećenja vida, periskop).

#### E.III.3

Istražuje i opisuje pojave interferencije i difrakcije svjetlosti

Opisuje pojave interferencije i difrakcije svjetlosti.

Objašnjava značaj vremenske i prostorne koherentnosti svjetlosnih talasa za nastanak interferencijske/difrakcijske slike.

Opisuje razlike u izgledu slika koje dobijemo interferencijom/difrakcijom svjetlosti na jednoj i dvije jako uske pukotine (Youngov eksperiment) kao i na optičkoj mrežici.

Rješava kvalitativne i kvantitativne probleme u oblasti talasne optike.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama znanja o interferenciji i difrakciji svjetlosti u svakodnevnicima i tehnicima (npr. rezolucija optičkih instrumenata, razlaganje svjetlosti na CD-u, holografija, interferometrija).

### KLJUČNI SADRŽAJI

Priroda svjetlosti, primjena fotometrije u svrhu uštede energije, zakoni geometrijske optike. ogledala, sočiva, totalna refleksija, razlaganje svjetlosti, Huygens-ov princip, optički instrumenti.

### PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

U devetom razredu osnovne škole uči se o geometrijskoj optici . U srednjoškolskoj nastavi se određene pojave, poput prelamanja svjetlosti izučavaju polazeći od kompleksnijeg matematičkog aparata. Ovdje je prvi susret sa osnovama fotometrije. Mnogi ne uspijevaju povezati svjetlost sa prenošenjem energije. Također, nerijetko viđenje objekata jednostavno “objašnjavaju” činjenicom da su i oko i objekt uronjeni u isto “svjetlosno more”.

Kada je u pitanju fotometrija, preporučivo je pojmove uvoditi u autentičnim kontekstima ostvarivanja optimalne osvjetljenosti u svojoj radnoj sobi, te osvjetljenosti planete Zemlje i smjeni godišnjih doba. Kada je u pitanju izvođenje temeljnih zakonitosti fotometrije, poželjan je eksperimentalni pristup koji može biti zasnovan na korištenju fotoćelija. Kod Lambertovog kosinusnog zakona bitno je istaknuti i njegova ograničenja (npr. u slučaju izvora koji nisu tačkasti). Oblast geometrijske optike moguće je obraditi u velikoj mjeri kroz izvođenje oglada sa lako pristupačnim materijalima. Pri tome je jako bitno dobro usvojiti model svjetlosne zrake i naučiti ga primjenjivati u raznovrsnim kontekstima (npr. za objašnjenje viđenja objekata). Kroz objašnjavanje prirodnih pojava, poput duge i prividne dubine jezera, te optičkih iluzija, koristiti dodatni motiv. Preslikavanje na optičkim elementima treba obraditi sistemski, ukazujući na sličnosti i razlike između pojedinih elemenata. Potrebno je istaknuti da od jedne tačke predmeta u općem slučaju polazi beskonačno mnogo zraka, ali iz praktičnih razloga pratimo samo karakteristične.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je kreiranje poveznica sa Biologijom (npr. ljudsko oko i otklanjanje nedostataka oka sočivima; princip funkcioniranja mikroskopa), sa Informatikom (npr. prenos informacija optičkim kablovima).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Unutar ove tematske cjeline treba skrenuti pažnju na značaj dobre osvjetljenosti radnog prostora za zdravlje čovjeka. Također, poželjno je skrenuti pažnju na pravovremeno dijagnosticiranje problema sa vidom i modernim mogućnostima otklanjanja tih problema. Kreativno-produktivnu kompetenciju moguće je razvijati kroz implementiranje projekta (npr. kreiranje modela teleskopa).

#### E.III.4

#### Istražuje i opisuje pojave rasijanja i polarizacije svjetlosti

Eksperimentalno istražuje i kvalitativno opisuje pojavu rasijanja svjetlosti.

Razlikuje nasumično (prirodnu), linearno i djelimično polarizovanu svjetlost.

Istražuje i opisuje različite načine dobivanja polarizovane svjetlosti.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o rasijanju i polarizaciji svjetlosti u kontekstu svakodnevnice i tehnike (npr. objašnjenje plavetnila neba, polarizirane sunčane naočale).

#### KLJUČNI SADRŽAJI

Interferencija svjetlosti, difrakcija svjetlosti, rasijanje svjetlosti, polarizacija svjetlosti i holografija.

#### PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

Kada je u pitanju talasna optika, u osnovnoj školi je stečeno činjenično znanje da svjetlost predstavlja elektromagnetni talas. U srednjoškolskoj nastavi dublje je upoznavanje sa pojavama koje proističu iz talasne prirode svjetlosti. Pokazuje se da je izrazito zahtijevno razmišljati o pojavama talasne optike; često se miješaju talasni model i model zrake (npr. predodžba da širenjem pukotine uvijek dolazi do širenja difrakcijskih maksimuma) i postoje poteškoće za simultano razmišljanje o prostornom i vremenskom aspektu talasa.

Zornost nastave se može obezbijediti kroz korištenje analogije sa talasima na vodi i odgovarajućih simulacija. Bitno je istaknuti da kod idealnog Youngovog eksperimenta svaka od pukotina predstavlja izvor samo jednog sekundarnog talasa, te da u svakoj tački zaslona imamo slaganje samo dva talasa. Kod obrade difrakcije na jednoj pukotini treba istaknuti da sada imamo nešto širu pukotinu nego kod idealnog Youngovog eksperimenta, tj. beskonačno mnogo sekundarnih talasa iz svake pukotine. Ako su sekundarni talasi koji polaze od rubova pukotine u nekoj tački zaslona u fazi, onda zbog činjenice da imamo još beskonačno mnogo sekundarnih talasa u istoj tački zaslona (koji dolaze iz ostalih tačaka pukotine i imaju faze koje su između faza rubnih sekundarnih talasa), u datoj tački zaslona umjesto maksimuma uočavamo minimum. Obavezno je pojavu maksimuma i minimuma potrebno prokomentarisati i iz perspektive zakona očuvanja energije. Razmišljanje o polarizaciji svjetlosti zahtijeva znatan nivo vizuospcijalnih sposobnosti, te se snažno preporučuje korištenje simulacija i 3d prikaza.

## 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće su korelacije sa Biologijom (npr. rezolucija kod mikroskopa), Informatikom (npr. zapis informacije na DVD-u), Tjelesnim odgojem (npr. polarizacione naočale kod skijaša) i Hemijom (npr. određivanje koncentracije supstanci na osnovu njihove optičke aktivnosti).

## 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Na primjeru historijskog razvoja ideje o prirodi svjetlosti moguće je razvijati svijest o značaju argumentacije potkrijepljene dokazima. Oblast talasne optike svoj značaj naročito crpi iz činjenice da predstavlja plodotvoran kontekst za razvoj razumijevanja o jednom od ključnih fizikalnih koncepata, konceptu talasa. Time se daje znatan doprinos razvoju prirodoznanstvene pismenosti.

# A

## PRIRODA FIZIKE I NAUČNI METOD

### A.III.1

Primjenjuje eksperimentalni metod u kontekstu fizike.

Provodi samostalno eksperimentalna istraživanja otvorenog tipa: identifikuje predmet istraživanja, postavlja istraživačko pitanje i hipotezu, prikuplja relevantne podatke, bira metode istraživanja, kreira modele, te prezentira i analizira rezultate istraživanja.

Računa i analizira mjerne pogreške uz prijedloge eliminisanja istih.

Evaluirá izbor eksperimentalnih metoda polazeći od procjene nedostataka eksperimentalne postavke i poteškoća u mjerenju.

Predlaže poboljšanja u dizajnu eksperimenta.

Prikuplja i obrađuje podatke koristeći se modernim tehnologijama (npr. software za obradu podataka, digitalna videoanaliza, senzori).

### A.III.2

Primjenjuje matematički metod u kontekstu fizike.

Izvršava operacije nad vektorima (slaganje, razlaganje, skalarni i vektorski proizvod) u kontekstu opisivanja i rješavanja fizikalnih problema.

Koristi eksponencijalnu, logaritamsku i trigonometrijsku funkciju u kontekstu rješavanja fizikalnih problema.

Rješava aproksimacijske i kontekstualno bogate probleme, te općenito probleme koji zahtijevaju kombinovanje većeg broja relacija.

	<p>Kritički se odnosi prema postavci i rješenju problema, te razlikuje relevantne od irelevantnih informacija.</p> <p>Izvodi opći (simbolički) izraz za nepoznatu fizičku veličinu.</p> <p>Predlaže vlastite primjere fizikalnih problema.</p>
<p>A.III.3 Primjenjuje komunikacijske vještine u kontekstu fizike.</p>	<p>Objašnjava prirodne pojave, međudjelovanja i procese pozivajući se na osnovne principe fizike i koristeći vokabular fizike.</p> <p>Diskutuje i evaluira određena naučna rješenja u specifičnim primjenama (korist za društvo, ekonomiju, politiku, ekologiju i sl)</p> <p>Koristi raznovrsne tehnologije u sakupljanju, obradi i predstavljanju informacija.</p> <p>Tumači i koristi raznovrsne metode izražavanja (riječi, crteži, grafikoni, tabele, matematički izrazi, makete, simulacije, videosnimci) i oblasno-specifične reprezentacije (sheme električnih krugova, fazorski dijagrami) fizikalnih sadržaja i procesa.</p> <p>Izveštava o rezultatima svoga rada na način koji je prikladan karakteristikama ciljne publike, Uz adekvatnu naučnu argumentaciju.</p> <p>Kod kreiranja pisanih radova, na prikladan način citira i popisuje izvore informacija.</p>

## KLJUČNI SADRŽAJI

Svi sadržaji predviđeni za izučavanje u trećeg razredu.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Eksperimentalni metod

Samostalno, u tandemu ili grupi preporučuje se učešće u eksperimentalnom istraživanju fizikalnih pojava putem demonstracionih oglada, laboratorijskog ili projektnog rada: Istraživanje zavisnosti električnog otpora od vrste materijala, površine poprečnog presjeka i dužine provodnika, Istraživanje strujno-naponske karakteristike sijalice, Provjera Joullvog zakona, Određivanje unutrašnjeg otpora izvora, Provjera Kirchoffovih pravila, Istraživanje uticaja permanentnog magneta na različite materijale, Istraživanje magnetnog polja zavojnice.

Ovu listu potrebno je shvatiti samo kao preporuku koja odražava jedan od mogućih konteksta za razvijanje vještina korištenja eksperimentalnog metoda u nastavi fizike za treći razred gimnazije.

Prilikom izvođenja eksperimenata sa električnom strujom potrebno je posvetiti posebnu pažnju na sigurnost i zaštitu od strujnog udara i podsticati izvođenje oglada sa lako pristupačnim materijalima.

### 2. Matematički metod

Potrebno je insistirati na metodičkom pristupu izradi fizikalnih zadataka: vizualizacija, fizikalna rasprava, kreiranje i implementacija matematičkog plana, kritički osvrt na rješenje zadatka.

### 3. Ovladavanje komunikacijskim vještinama u kontekstu fizike

Potrebno je kod uvođenja novih pojmova u nastavi, zahtijevati da opis shvatanja pojmova na osnovu jezika svakodnevnice, kako bi se uočile eventualne jezičke miskonceptije i omogućio proces konceptualne promjene.



Potrebno je insistirati na kombiniranju velikog broja različitih prikaza informacija i na aktivnostima prevođenja jednih prikaza u druge. Također, potrebno je priuštiti brojne prilike za komuniciranje o fizikalnim pojavama i procesima – bilo da se radi o diskutovanju o ishodima eksperimenta, prezentiranju seminarskog rada ili pisanju pripreme za eksperimentalni rad. Komunikacijske vještine se mogu dodatno razvijati u kontekstu interpretiranja shema električnih krugova.

## ► Srednje ► IV.

### Godine učenja i podučavanja predmeta: 7

#### E

#### OPTIKA I MODERNA FIZIKA

##### E.IV.1

Opisuje misaone eksperimente i pojave koje uključuju kretanja tijela brzinama bliskim brzini svjetlosti

Opisuje historijski kontekst u kojem je došlo do razvoja specijalne teorije relativnosti.

Opisuje eksperimentalne dokaze specijalne teorije relativnosti.

Tumači Einsteinove misaone eksperimente kojim se zorno ilustruju posljedice specijalne teorije relativnosti (npr. kontrakcija dužine i dilatacije vremena).

Objašnjava vezu mase i energije u specijalnoj teoriji relativnosti, kao i odgovarajuće implikacije za rješavanje energetskih problema čovječanstva.

##### E.IV.2

Analizira međuovisnost gravitacije, prostora i vremena

Demonstrira i objašnjava kako masa zakrivljuje prostor.

Opisuje astronomska zapažanja koja idu u prilog tezi o zakrivljenom prostoru (npr. gravitacijske leće).

Prikuplja i procjenjuje informacije o posljedicama i primjenama opće relativnosti u raznovrsnim kontekstima ( gravitacioni talasi, crne rupe, GPS).

##### E.IV.3

Istražuje prirodu elektromagnetnog zračenja

Analizira historijski kontekst u kojem je došlo do postavljanja hipoteze o kvantnoj prirodi toplotnog zračenja.

Istražuje i putem različitih reprezentacija opisuje kako se mijenjaju svojstva toplotnog zračenja u funkciji temperature (npr. intenzitet, spektralna raspodjela).

Istražuje i objašnjava kako dolazi do pojave fotoelektričnog efekta ističući poveznice sa pojavom toplotnog zračenja (npr. emisija vs apsorpcija fotona).

Uspoređuje pojave toplotnog zračenja, fotoefekta i Comptonovog efekta.

Rješava kvalitativne i kvantitativne probleme vezane za pojave toplotnog zračenja, fotoefekta i Comptonovog efekta.

Prikuplja i procjenjuje informacije o primjenama zakona toplotnog zračenja, fotoefekta i Comptonovog efekta u različitim kontekstima (npr. mjerenje temperature Sunca, fotoćelije).

## KLJUČNI SADRŽAJI

Galileijeva relativnost, brzina svjetlosti, Einsteinovi principi relativnosti, posljedice specijalne relativnosti, relativističke veličine u STR, opšta relativnost, granice primjenjivosti klasične mehanike.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

Relativnost je tema o kojoj se gotovo uopšte nije učilo tokom osnovnoškolskog obrazovanja. Imajući u vidu činjenicu da je ova oblast u svojoj srži jako kontraintuitivna, kao i da se u njoj koristi relativno složen matematički aparat, ne iznenađuje veliki broj poteškoća u učenju ove oblasti. Mnogi nastavi relativnosti pristupaju sa uvjerenjem da su referentni sistemi konačne veličine, te da je kretanje apsolutna kategorija koja nije vezana za neki konkretni referentni sistem; učenici misle da postoji “pravo” i “prividno” kretanje. Često misle da je *percepcija* događaja ono što je bitno, umjesto da akcent stave na *dešavanje* događaja.

Bitno je u nastavi specijalne teorije relativnosti osigurati razumijevanje temeljnih pojmova poput referentnog sistema, događaja, posmatrača (bolje: eksperimentatora) i istovremenosti. Potrebno je najprije istaknuti da je referentni sistem prostorno neograničen. Svi eksperimentatori koji miruju jedni u odnosu na druge dio su istog sistema i slažu se o prostornovremenskim koordinatama nekog događaja. Kako bi se od subjektivnog percipiranja nekog događaja došlo do objektivnije informacije o prostornovremenskoj koordinati događaja, nužno je uvažiti vrijeme prostiranja svjetlosnog talasa. Eksperimentatori koji se nalaze u različitim sistemima referencije će se općenito razlikovati po pitanju zaključaka o poziciji i brzini kretanja nekog objekta. Preporučuje se pojam istovremenosti eksplicitno definisati kroz neki jednostavni misaoni eksperiment (npr. dva sata smještena na jednako rastojanje od tačke iz koje se emituje svjetlosni talas). Kada je u pitanju opšta teorija relativnost najbitnije je razviti ideju da materija zakrivljuje prostor, a prostor određuje kretanje materije. Ova ideja se može zorno prikazati pomoću eksperimenata sa elastičnom membranom i kuglicama.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je kreiranje poveznica sa predmetom Geografija (npr. GPS).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

U okviru ove tematske cjeline moguće je ukazati na subjektivnost čulnog percipiranja, te pomoći u razvijanju stava da je dublja istina često skrivena ispod površine svakodnevne intuicije. Polazeći od ove ideje naučnici su kroz razvoj fizike doprinikli promjeni slike svijeta u kojem živimo.

E.IV.4

Analizira ideju o dualnoj prirodi materije

Tumači difrakciju elektrona kao dokaz da elektroni imaju i valnu prirodu.

Prikuplja i procjenjuje informacije o primjenama valova materije u raznovrsnim kontekstima (npr. elektronski mikroskop).

E.IV.5

Procjenjuje različite modele atoma i analizira linijske spektre

Uspoređuje Thomsonov, Rutherfordov i Bohrov model atoma.

Tumači konceptualno značenje kvantnih brojeva koji se uvode radi kvantno-mehaničkog opisa atoma.

Kreira poveznice između kvantno-mehaničkog opisa atoma i periodnog sistema elemenata (npr. preko kvantnih brojeva i Paulijevog principa isključivosti).

Prikuplja i procjenjuje informacije o primjenama atomske fizike u raznovrsnim kontekstima (npr. primjena lasera u medicini, modeli vođenja električne struje).

#### E.IV.6

Primjenjuje znanje o nuklearnim procesima i kritički procjenjuje primjene nuklearne fizike u praksi

Uspoređuje nuklearno, elektromagnetno i gravitaciono međudjelovanje.

Tumači prirodu radioaktivnog raspada, kao i svojstva alfa, beta i gama zračenja.

Piše i tumači jednostavne nuklearne reakcije polazeći od periodnog sistema elemenata i zakona očuvanja.

Rješava kvantitativne i kvalitativne probleme koji uključuju zakone radioaktivnog raspada i defekt mase.

Prikuplja i procjenjuje informacije o utjecaju radioaktivnog zračenja na žive organizme, te referira na pravila u oblasti radijacijske i nuklearne sigurnosti u BiH.

Prikuplja i procjenjuje informacije o primjenama nuklearne fizike u raznovrsnim kontekstima (npr. medicinska dijagnostika i terapija, radiokarbonsko datiranje, generiranje energije).

#### KLJUČNI SADRŽAJI

Toplotno zračenje, Planckova hipoteza, fotoelektrični efekat, difrakcija X-zraka, Comptonov efekat, De Broglieva hipoteza, difrakcija X-zraka, difrakcija elektrona, talasno-korpuskularni dualizam, Heisenbergov princip neodređenosti.

#### PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

##### **1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice**

U osnovnoj školi nije izučavana kvantna fizika. Poznato je da o ovoj tematici postoje brojne miskoncepcije; tako npr. često se smatra da tijela na temperaturi nižoj od 0 °C ne emituju toplotno zračenje, da se fotoelektroni iz katode izbijaju zbog postojanja baterije u kolu, te da je de Broglieva valna dužina fiksna za jednu vrstu čestice. Mnogi vjeruju da se difrakcija elektrona ne bi dešavala kada bi se elektroni ispaljivali jedan po jedan prema pukotini.

Preporučuje se toplotno zračenje obraditi u kontekstu jednostavnih eksperimenata i/ili misaonih eksperimenata, kako bi razvili svijest o tome kako smo uopšte došli do zaključaka o karakteristikama toplotnog zračenja. Imajući u vidu da je izučavanje toplotnog zračenja prokrčilo put za uvođenje kvantne hipoteze, ova tema može biti iskorištena za opis prirode fizike. Kada je u pitanju fotoefekat, potrebno je ukazati na značajnu konceptualnu vezu sa toplotnim zračenjem (emisija vs apsorpcija kvanata), te zakonitosti fotoefekta istražiti kroz virtuelni eksperiment. Pri tome je jako bitno i dobro shvatiti sve aspekte eksperimentalne postavke (npr. funkciju baterije). Pojam izlaznog rada može se zorno prikazati i kroz neke fizičke modele (npr. izbijanje loptica iz manje ili više dubokih posuda). Kada je u pitanju dualna priroda materije, potrebno je pokazati kako su saznanja o svjetlosti dovela do sličnih hipoteza o materiji. Pri tome može biti jako korisno povlačenje analogije između difrakcije svjetlosti i difrakcije elektrona. Heisenbergov eksperiment se također može efikasno uvesti u kontekstu difrakcije na jednoj pukotini.

##### **2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije**

Moguće je kreirati poveznice sa Biologijom (npr. efekti x-zraka na ljudski organizam) i Hemijom (npr. izlazni rad i energija veze).

##### **3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup**

Moguće je odgojno djelovati po pitanju potencijalne opasnosti izlaganja x-zračenju. Osim toga, učenje o toplotnom zračenju može nam pomoći da razvijemo stavove o samoj prirodi fizike. Kreativno-produktivna

kompetencija se može razvijati kroz projekt o primjenama toplotnog zračenja (npr. snimanje emisije toplotnog zračenja pomoću infracrvene kamere kod razmatranja toplotne izolacije u građevinarstvu).

#### E.IV.7

Opisuje osnovne postavke fizike elementarnih čestica i analizira utjecaj razvoja tehnologije na razvoj fizike

Opisuje kako je analiza kosmičkog zračenja pomogla u razvoju fizike elementarnih čestica (npr. otkriće pozitrona).

Objašnjava zašto se proton i neutron ne mogu smatrati elementarnim česticama.

Prikuplja i procjenjuje informacije o primjenama znanja fizike elementarnih čestica (npr. poveznice sa kosmologijom).

### KLJUČNI SADRŽAJI

Modeli atoma, atomski spektri, Bohrov model atoma, kvantno-mehanički model atoma, periodni sistem elemenata i princip isključenja, međudjelovanje nukleona u jezgri, energija veze jezgra i defekt mase, radioaktivnost, zakon radioaktivnog raspada, nuklearna energija, nuklearne reakcije, djelovanje radioaktivnog zračenja na žive organizme, elementarne čestice i fundamentalne sile, antičestice, klasifikacija čestica, zakoni očuvanja.

### PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

#### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

U osnovnoj školi na konceptualnom nivou učilo se o temeljnim osobinama atoma i atomskih jezgara. U srednjoškolskoj nastavi se ovo znanje produbljuje i proširuje primarno kroz razmatranje kvantnomehaničke slike atoma. Jedna od poznatih miskoncepcija u ovoj oblasti sastoji se u ne prihvatanju ideje da prilikom sudara atoma sa drugim atomima može doći do njihovog pobuđivanja. Kada je u pitanju nuklearna fizika često se smatra da radioaktivni raspad dovodi do nestanka jezgra, umjesto do njegove transformacije. Također, mnogi vjeruju da nakon dva vremena poluraspada nestaju sva jezgra.

Bitno je razviti svijest da atomi veliku većinu vremena provode u osnovnom stanju, a da do pobuđivanja u viša energetska stanja može doći kroz sudare. Također je nužno istaknuti da su atomski spektri odraz strukture energetskih nivoa atoma, te da se atomi kroz analizu spektra mogu jednoznačno identificirati. Potrebno je pružiti priliku da rješavanje i računskih zadataka u kontekstu Bohrovog modela atoma. Najzad je potrebno dati opis kvantnomehaničkog modela atoma, primjeniti znanje radi određivanja elektronskih konfiguracija i primjene kvantne mehanike radi objašnjavanja periodnog sistema elemenata. Pri tome vrijedi pojasniti ulogu Paulijevog principa i Heisenbergove relacije neodređenosti za strukturu atoma. Kada je u pitanju nuklearna fizika potrebno je povezati radioaktivni raspad sa nestabilnošću određenih jezgri. Zakon radioaktivnog raspada moguće je demonstrirati tako što od učenika tražimo da svi ustanu, a zatim da svako od njih baca kocku i sjedne ako baci šesticu. Nakon tri bacanja bi približno pola razreda trebalo da sjedi čime bismo uveli pojam vremena poluraspada. Moguće je pokazati da nakon 6 bacanja, tj. dva vremena poluraspada još uvijek imamo značajan broj učenika koji stoje. Glavna funkcija čestične fizike se ovdje sastoji u boljem razumijevanju samih nuklearnih reakcija, uključujući radioaktivni raspad.

#### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je kreirati značajne poveznice sa Hemijom (npr. objašnjenje periodnog sistema elemenata) i sa Biologijom (npr. efekti nuklearnog zračenja na ljudski organizam).

#### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Ova oblast nudi dobar kontekst za upoznavanje sa zakonskom regulativom u oblasti jonizujućeg zračenja. Moguće je kod razvijati svijest o prednostima (npr. nuklearna energija; nuklearna medicina) i opasnostima razvoja fizike (npr. nuklearna bomba; nuklearne nesreće u Fukushima i Chernobylu).

## A

### PRIRODA FIZIKE I NAUČNI METOD

#### A.IV.1

Primjenjuje eksperimentalni metod u kontekstu fizike.

Provodi samostalno eksperimentalna istraživanja otvorenog tipa: identifikuje predmet istraživanja, prikuplja relevantne podatke, kreira modele, bira metode istraživanja, te analizira i prezentira rezultate istraživanja.

Računa i analizira mjerne pogreške.

Evaluiira izbor eksperimentalnih metoda polazeći od procjene nedostataka eksperimentalne postavke i poteškoća u mjerenju.

Predlaže poboljšanja u dizajnu eksperimenta.

Prikuplja i obrađuje podatke koristeći se modernim tehnologijama (npr. software za obradu podataka, digitalna videoanaliza, senzori).

#### A.IV.2

Primjenjuje matematički metod u kontekstu fizike.

Izvršava operacije nad vektorima (slaganje, razlaganje, množenje vektora skalarom, skalarni i vektorski proizvod dva vektora) u kontekstu opisivanja i rješavanja fizikalnih problema.

Kritički se odnosi prema postavci i rješenju problema, te razlikuje relevantne od irelevantnih informacija.

Izvodi opći (simbolički) izraz za nepoznatu fizičku veličinu.

Predlaže vlastite primjere fizikalnih problema.

#### A.IV.3

Primjenjuje komunikacijske vještine u kontekstu fizike.

Objašnjava prirodne pojave, međudjelovanja i procese pozivajući se na osnovne principe fizike i koristeći vokabular fizike.

Diskutuje i evaluiira određena naučna rješenja u specifičnim primjenama (korist za društvo, ekonomiju, politiku, ekologiju i sl.)

Koristi raznovrsne tehnologije u sakupljanju, obradi i predstavljanju informacija.

Tumači i koristi raznovrsne metode izražavanja (riječi, crteži, grafikoni, tabele, matematički izrazi, makete, simulacije, video-snimci) i oblasno-specifične reprezentacije (model svjetlosne zrake, fazori) fizikalnih sadržaja i procesa.

Izveštava o rezultatima svoga rada na način koji je prikladan karakteristikama ciljne publike, Uz adekvatnu naučnu argumentaciju.

Kod kreiranja pisanih radova, na prikladan način citira i popisuje izvore informacija.

## KLJUČNI SADRŽAJI

Svi sadržaji predviđeni za izučavanje u četvrtom razredu.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Eksperimentalni metod

Samostalno, u tandemu ili grupi preporučuje se učešće u eksperimentalnom istraživanju fizikalnih pojava putem demonstracionih oglada, labaratorijskog ili projektnog rada: Određivanje talasne dužine svjetlosti, Određivanje indeksa loma stakla/plastike, Istraživanje Youngovih pruga interferencije, Određivanje konstante optičke rešetke, Određivanje Brewsterovog ugla za staklo, Istraživanje fotoelektričnog efekta pomoću simulacije ili eksperimentalno, Istraživanje radioaktivnog raspada pomoću kompjuterske simulacije ili raspada mjehurića pivske pjene.

Ovu listu potrebno je shvatiti samo kao preporuku koja odražava jedan od mogućih konteksta za razvijanje vještina korištenja eksperimentalnog metoda u nastavi fizike za četvrti razred gimnazije.

### 2. Matematički metod

Potrebno je inzistirati na metodičkom pristupu izradi fizikalnih zadataka: vizualizacija, fizikalna rasprava, kreiranje i implementacija matematičkog plana, kritički osvrt na rješenje zadatka. Koristiti znanja o eksponencijalnim funkcijama i logaritamski račun pri poučavanju o radioaktivnosti i zračenju.

### 3. Ovladavanje komunikacijskim vještinama u kontekstu fizike

Potrebno je kod uvođenja novih pojmova u nastavi, zahtijevati opis tog pojma jezikom svakodnevnice, kako bi se uočile eventualne jezičke miskoncepcije i omogućio proces konceptualne promjene.

Potrebno je insistirati na kombiniranju velikog broja različitih prikaza informacija i na aktivnostima prevođenja jednih prikaza u druge. Također, potrebno je priuštiti brojne prilike za komuniciranje o fizikalnim pojavama i procesima – bilo da se radi o diskutiranju o ishodima eksperimenta, prezentiranju seminarskog rada ili pisanju pripreme za eksperimentalni rad.

## Srednje obrazovanje – Fizika, dvije godine podučavanja

### ► Srednje ► I.

### Godine učenja i podučavanja predmeta: 4

## A

### PRIRODA FIZIKE I NAUČNI METOD

#### A.I.1

Tumači prirodu fizike i analizira njen historijski razvoj.

Analizira historijski razvoj fizike (npr. kroz etape normalne nauke, krize nauke i naučne revolucije) i njen značaj za formiranje slike svijeta.

Tumači fiziku kao jednu vrstu društvene aktivnosti u okviru koje jednako bitne uloge imaju logičko razmišljanje i kreativnost.

Povezuje razvojnost znanja fizike sa korištenjem modela u fizici.

Analizira mjesto fizike u hijerarhiji nauka.

Razlikuje redukcionistički i holistički pristup u nauci.

## A.1.2

Primjenjuje naučne metode, reprezentacije i tehnologije, te procjenjuje istraživački rad u fizici.

Izvršava operacije nad vektorima (npr. slaganje, razlaganje, skalarni i vektorski proizvod) u kontekstu rješavanja jednostavnih fizikalnih zadataka.

Koristi osnovni matematički aparat algebre i geometrije u kontekstu rješavanja fizikalnih zadataka.

Prikuplja i obrađuje podatke koristeći raznovrsne izvore i tehnologije

Izvršava mjerenja i obrađuje greške mjerenja.

Predstavlja podatke/relacije koristeći se različitim reprezentacijama (npr. tabelarno, analitički, grafički).

## KLJUČNI SADRŽAJI

Svi sadržaji koji se izučavaju u prvom razredu.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

U osnovnoj školi se o prirodi i metodama fizike po prvi put eksplicitno uči u sedmom razredu osnovne škole, a od nastavnika/ca se očekuje da tokom cjelokupnog osnovnoškolskog obrazovanja kreira situacije koje zahtijevaju primjenu stečenih kompetencija. U gimnaziji se očekuje razvijanje dubljeg razumijevanja prirode fizike i intenzivnije korištenje matematičkog aparata. Treba imati u vidu da se i gimnazijskoj nastavi fizike pristupa sa brojnim miskoncepcijama o prirodi fizikalnog znanja (npr. “znanje fizike se više ne razvija i skup je neuvezanih činjenica”), o istraživanjima u fizici (npr. “fizikalno istraživanje mora sadržavati i eksperiment”, “postoji istraživački algoritam kojeg koriste svi fizičari”), o mogućnostima fizike (npr. “fizika može riješiti sve probleme čovječanstva”, “fizika nije uopšte povezana sa svakodnevnicom”) i terminologijom fizike (npr. “hipoteza je nagađanje” ili miješanje zapažanja i zaključaka).

Preporučuje se eksplicitno, tj. direktno poučavanje o prirodi fizike kroz koje treba napraviti osvrt na sve gore navedene kategorije miskoncepcija. Pri tome je poželjno u nastavu uključiti odgovarajuće primjere iz historije fizike, kao i aktivnost refleksivnog promišljanja o situacijama koje mogu aktivirati miskoncepcije. Potrebno je razvijati u kompetencije u oblasti dizajniranja i evaluiranja fizikalnih istraživanja, te naučnog pristupanja interpretaciji podataka i dokaza. Naročitu pažnju valja posvetiti značaju kontroliranja varijabli. U tom smislu se preporučuje u ovoj, ali i svim ostalim tematskim cjelinama u gimnazijskom obrazovanju, uključivati zadatke koji nalikuju PISA zadacima koji provjeravaju epistemološko znanje fizike. Jako korisna aktivnost može se sastojati i u dubinskom evaluiranju manjeg broja planova istraživanja i izvještaja o provedenim istraživanjima, pri čemu treba evaluirati kako primjere dobre, tako i primjere loše prakse.

Kada je u pitanju korištenje matematičkog metoda, treba imati u vidu da većina prvobitno ne razumije svrhu korištenja vektora, niti zna vršiti operacije sa vektorima. Potrebno je u naučiti da razlikuje vektor, intenzitet vektora (uvijek pozitivan skalar) i komponentu vektora (skalar koji može biti i negativan). Također, često se ne razumije ni pojam funkcije i postoji problem prelaska sa tipičnih matematičkih notacija u kojima je  $x$  obično nezavisna varijabla, na fizikalne notacije u kojima je  $x$  često zavisna varijabla. Sve navedene poteškoće preporučivo je rješavati kroz rješavanje pažljivo odabranih zadataka u kontekstu fizike (npr. verbalno interpretiranje  $x(t)$  grafa). Kada je u pitanju trigonometrijska funkcija, dovoljno je zadržati se na definiciji i primjeni osnovnih trigonometrijskih funkcija.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Postoje mogućnosti kreiranja poveznica sa predmetima iz oblasti prirodnih nauka po pitanju tematike “prirode prirodnih nauka” i naučnog metoda. Tu je potrebno obezbijediti konzistentno korištenje terminologije (npr. hipoteza, model, teorija) u različitim predmetima. Postoje i značajne poveznice sa Matematikom, po pitanju korištenja vektora i elementarnih funkcija.



### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Unutar ove oblasti moguće je razvijati stavove o fizikalnim teorijama kao kulturnom blagu najvišeg ranga, te kritički razmatrati utjecaj razvoja fizike na sliku svijeta i kvalitet življenja. U tom smislu treba razvijati uvažavanje za različite perspektive u poimanju materije, pojava i procesa (npr. fizikalna, umjetnička, vjerska perspektiva). Osim toga, priliku za kritičko razmišljanje nude i aktivnosti procjenjivanja planova istraživanja i izvještaja o provedenim istraživanjima. Također je moguće razvijati svijest o činjenici da se objektivnost u fizici u velikoj mjeri obezbjeđuje kroz korištenje matematičkog aparata.

## B MEHANIKA

### B.I.1

Analizira veze i odnose između temeljnih kinematičkih pojmova.

Razlikuje temeljne kinematičke pojmove u kontekstu primjera iz svakodnevnice (npr. vremenski interval – trenutak, materijalna tačka/tijelo, referentni sistem, put - putanja, brzina - ubrzanje, vektor pomaka)

Razlikuje pravolinijska i krivolinijska kretanja.

Uspoređuje trenutne i srednje vrijednosti kinematičkih veličina.

Tumači prirodu kinematičkih veličina (skalar ili vektor).

### B.I.2

Istražuje pravolinijska kretanja.

Eksperimentalno istražuje i opisuje zakon puta kod pravolinijskih kretanja.

Kreira različite reprezentacije (npr. dijagram kretanja, tabela, grafikon, formule) za predstavljanje zakonitosti pravolinijskog kretanja tijela, te uspostavlja veze između različitih reprezentacija.

Kvalitativno i kvantitativno analizira s-t, v-t i a-t grafikone (npr. nagib, površina ispod krive, uspostavljanje veza među kinematičkim veličinama).

Rješava teorijske i praktične probleme u kontekstu pravolinijskih kretanja.

Razlikuje pravolinijska i složena kretanja, te u tom kontekstu ističe princip nezavisnosti kretanja.

### B.I.3

Istražuje vezu između sile koja djeluje na tijelo i kretanja tijela

Objašnjava pojam sile kao vektorske veličine i njene mjerne jedinice, te razlikuje četiri fundamentalne sile u fizici.

Koristi grafički i matematički metod slaganja i razlaganja sila.

Eksperimentalno i matematički određuje različite vrste sila.

Crta i tumači dijagram sila u različitim kontekstima.

Koristi I, II i III Newtonov zakon radi rješavanja kvalitativnih, kvantitativnih i praktičnih problema

## KLJUČNI SADRŽAJI

Referentni sistem, referentno tijelo, relativnost kretanja, radijus vektor, put i pomak, brzina i ubrzanje, ravnomjerno pravolinijsko kretanje, ravnomjerno promjenjivo pravolinijsko kretanje, kretanje u gravitacionom polju, krivolinijska kretanja u ravni - složena kretanja

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

U osnovnoj školi se o osnovama kinematike po prvi put uči početkom osmog razreda, pri čemu je fokus na učenju temeljnih kinematičkih pojmova i razmatranju pravolinijskih kretanja. U gimnaziji se u većoj mjeri uvažava vektorska priroda pojedinih kinematičkih veličina, a osim pravolinijskih, izučavaju se i krivolinijska kretanja. Međutim, i u gimnazijskoj nastavi treba uzimati u obzir miskoncepcije o kinematičkim pojmovima (npr. “ubrzanje je isključivo povezano sa promjenom intenziteta brzine”, “negativno ubrzanje mora značiti da intenzitet brzine postaje manji”) i grafovima (npr. shvatanje grafa kao “slike kretanja”), kao i poteškoće u izražavanju (npr. miješanje intervala i trenutka, te korištenje pojma “početnog trenutka”).

Radi prevazilaženja pomenutih poteškoća preporučuje se kombiniranje velikog broja reprezentacija: riječi, crteža (dijagrama kretanja), grafikona i formula. Naročito je korisna aktivnost predstavljanja kretanja dijagramom kretanja, tj. nekom vrstom stroboskopskog snimka unutar kojeg se nanose vektori brzine i/ili ubrzanja. Nakon toga se može od tražiti da se za dijagram kretanja skicira odgovarajući grafikon. Sve ove aktivnosti potrebno je obavezno popratiti intenzivnim verbalnim objašnjenjima. Kada je u pitanju kretanje u dvije dimenzije potrebno ga je glatko nadovezati na pravolinijska kretanja, pažljivim uvođenjem principa nezavisnosti kretanja.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Postoji mogućnost kreiranja značajnih poveznica sa predmetom Matematika, posebno po pitanju korištenja kvadratne funkcije i osnovnih trigonometrijskih funkcija. Preporučuje se kreiranje plana korištenja pomenutih funkcija u fizici u uskoj saradnji sa predmetnim nastavnikom/com matematike.

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Ova tematska cjelina može značajno doprinijeti razvijanju čitalačke pismenosti, kroz podsticanje povezivanja i kombiniranja različitih načina predstavljanja informacija (npr. tekst i grafikone).

B.I.4

Istražuje kružno kretanje tijela

Eksperimentalno istražuje i tumači ravnomjerno kružno kretanje koristeći se klasičnim i/ili modernim tehnologijama.

Uspostavlja vezu između veličina kojim opisujemo pravolinijsko i kružno kretanje (npr. pomak – ugaoni pomak, linijska brzina – ugaona brzina, ubrzanje – ugaono ubrzanje).

Povezuje pojmove tangencijalnog i centripetalnog ubrzanja, sa promjenom intenziteta odnosno pravca vektora brzine kod kružnog kretanja tijela.

Identificira konkretnu prirodu centripetalne sile u raznovrsnim kontekstima.

Primjenjuje II Newtonov zakon na kružno kretanje tijela u raznovrsnim kvalitativnim i kvantitativnim kontekstima.

B.I.5

Primjenjuje znanje o gravitacionom međudjelovanju tijela

Primjenjuje Newtonov zakon gravitacije radi rješavanja kvalitativnih i kvantitativnih problema.

Objašnjava kretanje objekata u orbiti (npr. brzina i pojava bestežinskog stanja).

Objašnjava jednostavna kretanja u polju Zemljine teže.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije

## B.I.6

Istražuje obrtno kretanje tijela i primjenjuje znanje o prostim mehanizmima u praksi

Uspostavlja veze i odnose između veličina koje opisuju translatorno i obrtno kretanje (npr. impuls - moment impulsa, sila - moment sile, masa - moment inercije).

Razlikuje uvjete pod kojima se događa translatorno, obrtno i kružno kretanje tijela.

Izrađuje proste mehanizme i objašnjava princip njihovog rada.

Rješava kvalitativne, kvantitativne i praktične probleme u kontekstu fizike obrtnog kretanja (prosti mehanizmi).

Prikuplja i prezentira informacije o primjeni zakona statike u raznovrsnim kontekstima (npr. sigurnosni propisi pri konstrukciji i gradnji, biomehanika, sport).

## KLJUČNI SADRŽAJI

Newtonovi zakoni, princip nezavisnosti djelovanja sila, slaganje i razlaganje sila (elastična sila, sila zatezanja, normalna sila reakcije podloge, sila trenja, centripetalna sila), reaktivno kretanje, analogija pravolinijskog kretanja i kružnog, ravnomjerno kružno kretanje, centripetalno ubrzanje, težina tijela, Newtonov zakon gravitacije, gravitaciono polje, moment sile, moment inercije, moment impulsa, analogija translatornog kretanja i rotacionog, energija pri rotacionom kretanju, zakoni održanja, prosti mehanizmi.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline - metodičke smjernice

O poveznici sile i kretanja, te o gravitacionim pojavama, se već učilo u osmom razredu osnovne škole. Ključna nadogradnja i produbljivanje znanja u gimnazijskoj nastavi odnosi se na usložnjavanje matematičkog aparata, te razmatranje kružnog kretanja i dublji opis pojma fizikalnog, u ovom slučaju gravitacionog, polja.

Međutim, treba imati na umu da i u gimnaziji, mnogi miješaju silu sa energijom i snagom, te vjeruju da silom mogu djelovati samo živa tijela. Kada je u pitanju III Newtonov zakon, treba paziti da se ne razviju ideje da sila akcije i reakcije djeluju na isto tijelo, te im objasniti da veća tijela i manja tijela međudjeluju istom silom, ali su efekti tog međudjelovanja različiti, zbog različitih masa tijela. Kada je u pitanju kružno kretanje, bitno je da učenici prepoznaju da centripetalna sila nije nikakva zasebna vrsta sile; to je rezultujuća sila koja djeluje prema centru krivine. Kada je u pitanju gravitaciona sila, mnogi njenu pojavu povezuju isključivo sa djelovanjem Zemlje.

Prije pristupanja rješavanju računskih zadataka poželjno je naučiti identificirati sile koje djeluju na tijela i crtati odgovarajuće dijagrame sila. Pri tome je preporučivo uvesti pojam sistema i okoline, te za početak tijelo čije kretanje analiziramo posmatrati kao sistem, a sve ostalo kao okolinu. Sile koje se pojavljuju na granici sistema i okoline su onda kontaktne sile, koje treba razlikovati od sila koje djeluju "na daljinu". Što se tiče različitih vrsta sila, pojedine vrste sila se mogu okvirno uvesti i prije njihovog dubljeg razmatranja (npr. elastična i gravitaciona). Nakon što se razvije vještina identificiranja sila, potrebno je kreirati poveznicu sa pojmom kretanja. Vjerovanje da kretanja može biti samo ako ima i djelovanja sile, treba zamijeniti vjerovanjem da promjene kretanja, tj. promjene brzine, ima samo ako ima i djelovanja sile. Napokon, moguće je pristupiti rješavanju računskih zadataka. Kružno kretanje je moguće situirati u kontekst kretanja određenih nebeskih tijela. Kada je u pitanju kretanje satelita, kroz različite primjere treba pokušati objasniti da se sateliti nalaze u stanju sličnom slobodnom padu, ali se ne približavaju Zemljinoj površini, jer se istom brzinom kojom oni padaju i Zemljina površina zakrivljuje.

O obrtnom kretanju po prvi put se uči u srednjoškolskoj nastavi fizike. Mnoge miskonceptije iz oblasti translatornog kretanja postoje u analognoj formi u oblasti obrtnog kretanja (npr. "ukoliko postoji

konstantna ugaona brzina, postoji i moment sile koji ju održava”, “negativno ugaono ubrzanje znači usporavanje”).

Za početak treba ukazati na sličnosti i razlike između kružnog kretanja materijalne tačke i obrtnog kretanja krutog tijela. Preporučivo je poučavanje započeti ponavljanjem kinematike kružnog kretanja materijalne tačke, te na konkretnom primjeru pokazati da se iste veličine (npr. ugaoni pomak, ugaona brzina, ugaono ubrzanje) mogu koristiti i kod razmatranja obrtnog kretanja krutog tijela. Zatim se može preći na pitanje uzroka ugaonog ubrzanja, tj. na uvođenje momenta sile kao vektorske veličine koja ima intenzitet i smjer (npr. u kontekstu otvaranja odškrinutih vrata). Izraz za moment sile potrebno je primijeniti u zornim kontekstima, te diskutovati u svakom od konteksta o osi obrtanja i kraku sile. Najzad, je moguće razmatrati efekte djelovanja momenta sile u različitim kontekstima, s posebnim akcentom na moment sile koji proizvodi gravitaciona sila, te kontekst kotrljanja. Treba primijetiti da se dobar dio gradiva može obraditi kroz pažljivo povlačenje analogije sa translatornim kretanjem.

Nakon obrade obrtnog kretanja, potrebno je kroz raznovrsne aktivnosti omogućiti utvrđivanje i produblјivanje stečenog znanja u kontekstu statike i prostih mehanizama.

## **2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije**

Moguće je kreiranje značajnih poveznica sa nastavom Geografije (npr. kretanje Zemlje oko Sunca, GIS), te sa Biologijom i Tjelesnim odgojem (npr. biomehanika, fizika različitih sportskih disciplina). Moguće je ostvariti značajne poveznice sa Biologijom i Tjelesnim odgojem (npr. biomehanika, džudo).

## **3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup**

Moguće je iz fizikalne perspektive prodiskutovati određene aspekte sigurnosti u saobraćaju (npr. značaj držanja odstojanja, korisnost air-baga), ali i određene situacije iz sporta (npr. ublažavanje pada u džudu). Digitalne kompetencije se mogu unaprijediti kroz razmatranje GIS-a.

Moguće je razvijati svijest o značaju uvažavanja sigurnosnih propisa u građevinarstvu, te o vezama između fizike i inženjerstva, općenito. Svijest o primjenjivosti fizike u svakodnevnicima, moguće je također razvijati kroz razmatranje fizike obrtnog kretanja u kontekstu vožnje bicikla. Osim toga, kreativno-produktivna kompetencija se može razvijati kroz projekte koji uključuju dizajniranje i/ili izradu jednostavnih mehaničkih mašina.

### **B.1.7**

**Analizira pojam energije, njene različite forme i pretvorbe.**

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o različitim vrstama izvora energije.

Tumači formule za različite oblike mehaničke energije.

Istražuje o jednostavnim uređajima u kojima se vrši pretvaranje energije ističući stepen korisnog djelovanja kao bitno svojstvo tih uređaja.

Kombinuje koncepte rada, snage i energije radi rješavanja kvalitativnih, kvantitativnih i praktičnih problema.

Objašnjava pojam kalorijskog deficita/suficita u kontekstu razvijanja zdravih prehrambenih navika.

## B.I.8

Eksperimentalno istražuje i primjenjuje zakone očuvanja u kontekstu translatornog i obrtnog kretanja.

Razlikuje pojmove sistema i okoline.

Identificira procese posredstvom kojih sistem prelazi od početnog do finalnog stanja.

Objašnjava kako može doći do promjene energije, impulsa i/ili momenta impulsa sistema.

Eksperimentalno istražuje zakone očuvanja.

Primjenjuje zakone očuvanja energije, impulsa i momenta impulsa u raznovrsnim kontekstima (npr. sudari, eksplozije, raketno kretanje, hici).

## B.I.9

Istražuje i primjenjuje osnovne zakonitosti statike fluida

Primjenjuje pojam pritiska radi rješavanja kvalitativnih i kvantitativnih problema.

Izvodi izraz za hidrostatički pritisak i silu potiska, kao i uslove plivanja/tonjenja tijela.

Primjenjuje Pascalov zakon za objašnjenje rada hidrauličnih mašina (npr. hidraulična presa)

Prikuplja i kritički razmatra informacije o primjenama zakonitosti statike fluida u svakodnevnici i tehnici (npr. podmornica, hidraulične kočnice).

## KLJUČNI SADRŽAJI

Mehanička energija, mehanički rad, snaga, stepen korisnog djelovanja, održavanje ukupne mehaničke energije, impulsa i momenta impulsa

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline– metodičke smjernice

U osnovnoj školi se stiče prvo znanje o energiji, radu i snazi, te razmatraju transformacije i očuvanje energije u jednostavnim kontekstima. U srednjoj školi se očekuje da se među pojmovima energije, rada i snage stvara više kvantitativnih poveznica, te da se pozna više kvantitativnih izraza za različite vrste energije. Konceptualni okvir učenja o energiji je sličan kao i u osnovnoj školi, te uključuje vrste energije, transformacije energije, degradaciju energije i očuvanje energije. Očekuje se sistematska primjena zakona očuvanja energije, impulsa i momenta impulsa, te da razumijevanje veze između zakona o očuvanju energije i teorema o energiji i radu.

Unutar ove tematske cjeline od suštinskog je značaja obezbijediti razumijevanje pojama fizikalnog sistema i okoline, kao i odgovarajuću podjelu na vanjske i unutrašnje sile (ili momente sila), te na konzervativne i nekonzervativne sile. Tek nakon što smo se uvjerali da se razumiju ove podjele, te da postoji sposobnost identificiranja sile u konkretnim situacijama, moguće je zahtijevati rješavanje fizikalnih problema polazeći od zakona očuvanja. Pri tome se snažno preporučuje demonstrirati da primjenjivost zakona očuvanja energije ovisi o izboru fizikalnog sistema; korisno je isti problem pokušati riješiti, kako na osnovu zakona očuvanja mehaničke energije, tako i na osnovu teorema o energiji i radu (za drugačiji izbor fizikalnog sistema).

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je kreiranje poveznica sa Biologijom (npr. skladištenje energije kod čovjeka), Hemijom (npr. energija hemijske veze) i Tjelesnim odgojem (npr. ostvarivanje kalorijskog deficita). Također su moguće i poveznice sa Geografijom (npr. izbor prikladne lokacije za gradnju vjetroelektrane) i Historijom (npr. energetske resursi i mirovno pitanje).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Moguće je odgojno djelovati u smjeru razvijanja životnih navika koje pogoduju očuvanju životne okoline. To se primjerice može postići kroz razvijanje svijesti o značaju štednje energije i korištenje alternativnih izvora energije (npr. rasprava o energetske klasama različitih uređaja). Kreativno-produktivna i poduzetnička kompetencija se mogu razvijati kroz implementiranje projekta na temu energije i zaštite okoliša.

<p>B.I.10</p> <p>Istražuje i primjenjuje osnovne zakonitosti dinamike fluida</p>	<p>Tumači osnovne pojmove dinamike fluida (npr. turbulentno - laminarno strujanje, statički - dinamički pritisak, viskoznost, kapilarne pojave).</p> <p>Primjenjuje jednačinu kontinuiteta, Bernoullijevu jednačinu i izraze za otpor sredine prilikom rješavanja kvalitativnih i kvantitativnih problema.</p> <p>Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama zakonitosti dinamike fluida u svakodnevici i tehnici (npr. aerodinamika u vazduhoplovstvu, hidrodinamika u građevini, izvođenje slobodnog udarca u fudbalu).</p>
<p>B.I.11</p> <p>Istražuje oscilovanje tijela</p>	<p>Interpretira uvjete koji dovode do oscilatornog kretanja i upoređuje slobodne i prinudne oscilacije.</p> <p>Esperimentalno istražuje i analizira faktore o kojima ovisi period oscilovanja matematičkog i elastičnog klatna.</p> <p>Skicira i interpretira grafikone prostog harmonijskog oscilovanja.</p> <p>Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o rezonanciji i njenim primjenama u svakodnevici i tehnici (npr. građevinska industrija, akustika).</p>
<p>B.I.12</p> <p>Istražuje pojave vezane za talasno kretanje</p>	<p>Objašnjava mehanizam nastanka, apsorpcije, prostiranja, odbijanja i prelamanja talasa (npr. u kontekstu talasa na vodi).</p> <p>Istražuje pojave kod talasnih kretanja (npr. interferencija, difrakcija).</p> <p>Objašnjava pojavu stojećih talasa u kontekstu talasa koji se prostiru kroz užu.</p> <p>Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama akustike u svakodnevici i tehnici (npr. Princip rada muzičkih instrumenata akustičnost prostorije, prenošenje energije posredstvom talasa kod zemljotresa i cunamija)</p>

#### KLJUČNI SADRŽAJI

Pritisak, Paskalov zakon, hidrostatički pritisak, potisak, Archimedesov zakon, atmosferski pritisak, protok, jednačina kontinuiteta, Bernoullijeva jednačina i viskoznost.

Harmonijsko oscilovanje, klatno, energija oscilovanja, prinudne, neprigušene i prigušene oscilacije, rezonancija, brzina talasa, odbijanje i prelamanje talasa, superpozicija talasa, stojeći talas.

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

O statici fluida prvi put se uči u osmom razredu osnovne škole, primarno na konceptualnom nivou. U srednjoškolskoj nastavi se očekuje da znanje o statici fluida bude primjenjeno radi rješavanja nešto složenijih kvalitativnih, kvantitativnih i praktičnih problema, te da se počne učiti i o zakonitostima koje vrijede za strujanje fluida. Međutim, i u srednjoj školi se teško prihvata činjenica da pritisak u fluidima djeluje na sve strane podjednako, te se pogrešno vjeruje da je sila potiska veća što je tijelo manje uronjeno u tečnost. Također, prilikom određivanja apsolutnog pritiska, nerijetko se zaboravljaju uvažiti i doprinos atmosferskog pritiska. Kada je u pitanju dinamika fluida, često se zaboravlja da je Bernoullijevu jednačinu jedino dozvoljeno primjenjivati za poređenje pritiska/brzina duž jedne te iste strujne linije.

Preporučuje se uvođenje pritiska kao djelovanja jednog sloja fluida silom po jedinici površine posude ili po jedinici površine drugog sloja fluida). Zatim je kroz misaoni eksperiment (npr. uho na istoj dubini, ali različito orijentirano) potrebno razviti svijest da pritisak djeluje na sve strane podjednako. Nakon demonstriranja i izvođenja izraza za hidrostatički pritisak i silu potiska, treba pripremiti niz prilika za primjenu stečenog znanja.

Kada je u pitanju dinamika fluida, potrebno je naglasiti vezu Bernoullijeve jednačine sa zakonom očuvanja mehaničke energije, te prilikom njenog izvođenja konzistentno razmatrati odnos datog sistema (elementa fluida) i okoline. Ubrzanje fluida kroz uski dio cijevi treba povezati sa II Newtonovim zakonom, tj. sa silom koja u ovom slučaju proističe iz razlike pritiska između šireg i užeg dijela cijevi. Zatim treba insistirati na primjeni Bernoullijeve jednačine u brojnim kontekstima, pri čemu treba obratiti pažnju da se ona isključivo koristi za poređenje brzina/pritiska duž jedne te iste strujne linije. Kada je u pitanju viskoznost, izričito se preporučuje primjena i uvođenje znanja u kontekstu fizike ljudskog organizma.

O oscilacijama i talasima uči se u devetom razredu osnovne škole, pri čemu se upoznaje sa značenjem ovih pojmova i temeljnim veličinama koje karakterišu oscilatorno i talasno kretanje. U srednjoj se razmatraju dodatne talasne pojave i intenzivnije se koristi matematički aparat. Razmatranje talasnog kretanja otežano je zbog same činjenice da se kod talasa radi o funkcijama dvije promjenjive (prostorna i vremenska koordinata).

Preporučivo je kod opisa harmonijskog oscilovanja pristupiti egzemplarno, kroz izučavanje oscilovanja tijela na opruzi, kao tipičnog primjera harmonijskog oscilovanja. Preporučuje se istovremeno prikazivati oscilovanje tijela i iscrtavanje grafikona ovisnosti elongacije u vremenu, te ova predstavljanja kretanja povezati sa formulom za ovisnost elongacije o vremenu. Intenzivno kombiniranje različitih reprezentacija (simulacija, grafikona, riječi i formula) preporučuje se i kod talasnog kretanja. Kako kod oscilatornog, tako i kod talasnog kretanja, prije prelaska na matematičke reprezentacije preporučuje se intenzivna verbalizacija ideja o posmatranom kretanju.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je ostvariti značajne poveznice sa nastavom Biologije (npr. poređenje krvnog pritiska kod čovjeka i žirafe; opasnost začepljenja krvnih sudova) i Geografije (npr. rijeke).

Moguće je kreiranje značajnih poveznica sa Psihologijom i Muzičkom kulturom (npr. muzikoterapija, princip rada muzičkih instrumenata), te Geografijom (npr. cunami, vjetar).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Moguće je ukazati na potencijalne opasnosti do kojih može doći prilikom ronjenja, ali i prodiskutovati neke druge efekte po zdravlje čovjeka koji su posljedica promjene nadmorske visine. Također postoji značajan prostor za razvijanje kreativno-produktivne i poduzetničke kompetencije u okviru implementacije projekata (npr. izrada modela podmornice, hidraulične kočnice, sistem vodosnabdijevanja).

Potrebno je ukazati na mjere zaštite koje je moguće poduzeti u slučaju zemljotresa.



## C

### MOLEKULARNA FIZIKA I TERMODINAMIKA

#### C.I.1

Istražuje molekularne pojave u gasovitom, tečnom i čvrstom agregatnom stanju tijela

Uspoređuje molekularne pojave u gasovima, tečnostima i čvrstim tijelima.

Povezuje mehanička svojstva i deformacije tijela sa molekularnim pojavama u čvrstim tijelima uz korištenje Hookovog zakona

Povezuje pojavu površinskog napona, kvašenja i kapilarnosti sa molekularnim pojavama u tečnostima.

Uspoređuje toplotno širenje čvrstih tijela i tečnosti.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama znanja o molekularnim pojavama u tehnici i svakodnevici (npr. značaj kapilarnosti za živu prirodu, značaj toplotnog širenja u građevinarstvu, hidroizolacija).

#### C.I.2

Istražuje molekularne pojave u gasovima

Izvodi jednačinu stanja idealnog gasa.

Eksperimentalno istražuje (npr. kroz virtuelni eksperiment) i tumači zakone koji vrijede za izoprocese i adijabatske procese.

Skicira p-V, p-T, V-T grafikone kod izoprocasa i navodi veličine koje opisuju stanje idealnog gasa.

Primjenjuje različite reprezentacije gasnih zakona (npr. grafikoni ili formule) radi rješavanja fizikalnih problema.

Prikuplja i kritički procjenjuje mogućnosti primjene jednačine stanja idealnog gasa u raznovrsnim kontekstima (npr. disanje kod čovjeka, princip šprice).

#### C.I.3

Kombinuje temeljne zakone termodinamike u raznovrsnim kontekstima

Analizira historijski razvoj termodinamike i uticaj tog razvoja na ljudsko društvo.

Razlikuje termodinamička stanja i procese i identificira različite vidove prijenosa toplotne energije u kontekstu primjera iz svakodnevnice.

Objašnjava i primjenjuje zakone termodinamike u različitim kontekstima.

Prikuplja i kritički procjenjuje primjene znanja o toplotnim procesima u praksi (npr. termoizolacija i ušteda energije u domaćinstvu, efekat staklene bašte).

Objašnjava princip rada toplotnih mašina.

#### KLJUČNI SADRŽAJI

Građa tvari i osnove molekularno-kinetičke teorije, temperatura, unutrašnja energija i brzine molekula, idealan plin, pritisak idealnoga plina, opća jednačina stanja idealnoga plina, izoprocasi, termičko širenje tijela.

#### PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

U osmom razredu osnovne škole prvi put unutar nastave fizike uči se o modelu građe tvari. U srednjoškolskoj nastavi očekuje se dodatno produbljivanje znanja o građi tvari (npr. dublje razmatranje međučestičnih veza), te da tako nadograđen model primjene kod razmatranja pojava u čvrstim tijelima, tečnostima i gasovima. Često se ne razumiju dobro razlike između idealnog i realnog gasa.

Imajući u vidu apstraktnu prirodu ove teme, nužno je najprije predočiti zorne vizuelne modele koji ilustriraju kretanja, rastojanja i međudjelovanje čestica u čvrstim tijelima, tečnostima i gasovima. U tom kontekstu je onda potrebno uvesti temeljne pojmove molekularno-kinetičke teorije i pružiti učenicima priliku da ih koriste u što većem broju situacija. Kod prikazivanja gasnih procesa preporučivo je objašnjenje konstruirati kroz sljedeće korake: 1) kako je proces moguće ostvariti u laboratoriji; konkretna eksperimentalna postavka 2) objašnjenje procesa pomoću modela građe tvari 3) p-V grafikon

Potrebno je razviti svijest da u posudi sa lako pokretnim klipom, u stanju ravnoteže, pritisak gasa na zidove posude samo ovisi o vanjskom pritisku kojim klip djeluje na gas (npr. uz atmosferski pritisak tu imamo još i pritisak uslijed težine klipa sa utezima).

Molekularne pojave u tečnostima i gasovima pogodne su za demonstriranje oglada sa lako pristupačnim materijalima i virtuelnim ogledima.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je ostvarivanje poveznica sa Biologijom (npr. disanje kod čovjeka), Geografijom (npr. promjena temperature sa nadmorskom visinom) i Hemijom (npr. površinski napon i sapuni).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Na primjeru historijskog razvoja modela građe tvari moguće je razvijati svijest o naučnim modelima kao kulturnom blagu najvećeg ranga, te o značaju kritičkog razmišljanja i otvorenosti uma za razvoj naučne misli, a time i čovječanstva.

C.I.4

Analizira promjene agregatnih stanja

Objašnjava procese uslijed kojih dolazi do promjene agregatnog stanja tijela.

Analizira grafikone koji prikazuju ovisnost temperature o dovedenoj ili odvedenoj količini toplotne energije tokom vremena.

Uspoređuje i razlikuje pojmove isparavanja, ključanja i kondenzovanja.

Koristi pojmove toplote očvršćavanja, topljenja, isparavanja i kondenziranja u kvalitativnim i kvantitativnim kontekstima.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o agregatnim prijelazima u svakodnevnicima i tehnici (npr. proces znojenja, mraz, smog, kruženje vode).

#### KLJUČNI SADRŽAJI

Osnovni pojmovi termodinamike, fazni prelazi, rad plina, količina toplote, specifični toplotni kapacitet, I zakon termodinamike, Carnotov ciklus, II zakon termodinamike, princip rada toplotnih mašina

#### PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

O toplotnim pojavama učilo se u osmom razredu osnovne škole. U srednjoj školi se očekuje opis toplotnih pojava služeći se nekim dodatnim veličinama, te primjena u složenijim kontekstima (npr. toplotne mašine). Međutim, pokazuje se da je termodinamika jako zahtjevna, jer traži sistemsko i aproksimacijsko razmišljanje, više nego mnoge druge oblasti.

Preporučuje se uvođenje I zakona termodinamike kroz ukazivanje na ograničenja teorema o energiji i radu; ako uz makroskopsku mehaničku energiju uvedemo i unutrašnju energiju, potrebno je uz radnu interakciju uvesti i toplotnu interakciju sistema sa okolinom kao način promjene energije sistema. Pri tome se toplo preporučuje jasno uvesti konvenciju o predznacima; količina rada i toplote se uzimaju sa pozitivnim predznakom ukoliko sistem prima energiju, a inače se uzimaju sa negativnim predznakom. Utvrđivanje znanja o I zakonu termodinamike moguće je izvršiti kroz ponovno razmatranje gasnih procesa, sada iz perspektive ovog zakona. Rad sistema i nad sistemom treba razmotriti analitički, ali obavezno i kroz interpretiranje grafikona.

Treba istaknuti da I zakon termodinamike govori o očuvanju energije, a II zakon termodinamike govori o degradaciji energije do koje dolazi u transformacijama energije koje se dešavaju u toplotnim mašinama. Pojam ciklične toplotne mašine i neophodnost postojanja toplog i hladnog rezervoara moguće je uvesti kroz ogled sa staklenom špricomispujenom vazduhom koja se naizmjenično stavlja u vrelu i hladnu vodu i vrši rad nad malim utezima postavljenim na klip. Rad će biti pozitivan samo ukoliko prije vraćanja klipa u početni položaj klip uronimo u hladnu vodu.

Prilikom razmatranja promjene agregatnih stanja poželjno je primijeniti znanje o međučestičnim vezama, te analizirati grafikone ovisnosti temperature o vremenu za veliki broj različitih situacija.

## 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće su poveznice sa Biologijom (npr. hlađenje znojenjem), Hemijom (npr. međučestične veze kod promjene agregatnih stanja), Historijom (npr. društveno-historijske posljedice pojave toplotnih mašina), Geografijom (npr. meteorološke pojave i fizika atmosfere).

## 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Moguće je ostvariti odgojno djelovanje kada je u pitanju razvijanje stavova o efektima razvoja, nauke i tehnologije na ljudsko društvo (ti efekti mogu biti pozitivni, ali u isto vrijeme i negativni). Također, moguće je razvijati svijest o efektu staklene bašte, globalnom otopljanju i načinima čuvanja okoliša (npr. štednja energije). Moguće je razvijati kreativno-produktivnu i poduzetničku kompetenciju kroz implementaciju projekata (npr. razvoj motora na topli vazduh; Stirlingov motor).

# A

## PRIRODA FIZIKE I NAUČNI METOD

### A.1.1

Primjenjuje eksperimentalni metod u kontekstu fizike.

Provodi samostalno eksperimentalna istraživanja otvorenog tipa: identifikuje predmet istraživanja, prikuplja relevantne podatke, kreira modele, bira metode istraživanja, te analizira i prezentira rezultate istraživanja.

Računa i analizira mjerne pogreške.

Predlaže poboljšanja u dizajnu eksperimenta.

Prikuplja i obrađuje podatke koristeći se modernim tehnologijama (npr. software za obradu podataka, digitalna videoanaliza, senzori).

### A.1.2

Izvršava operacije nad vektorima (slaganje, razlaganje, množenje vektora skalarom, skalarni i vektorski proizvod dva vektora) u kontekstu opisivanja i rješavanja fizikalnih problema.

Koristi linearnu i kvadratnu funkciju u kontekstu rješavanja fizikalnih problema.

Primjenjuje matematički metod u kontekstu fizike.

Rješava aproksimacijske i kontekstualno bogate probleme, te općenito probleme koji zahtijevaju kombinovanje većeg broja relacija.

Kritički se odnosi prema postavci i rješenju problema, te razlikuje relevantne od irelevantnih informacija.

Izvodi opći (simbolički) izraz za nepoznatu fizičku veličinu.

Predlaže vlastite primjere fizikalnih problema.

A.I.3

Primjenjuje komunikacijske vještine u kontekstu fizike.

Objašnjava prirodne pojave, međudjelovanja i procese pozivajući se na osnovne principe fizike i koristeći vokabular fizike.

Koristi raznovrsne tehnologije u sakupljanju, obradi i predstavljanju informacija.

Tumači i koristi raznovrsne opće (riječi, crteži, grafikoni, tabele, matematički izrazi, makete, simulacije, video-snimci) i oblasno-specifične reprezentacije (dijagrame sila, dijagrame kretanja i energetske dijagrame) fizikalnih sadržaja i procesa.

Izveštava o rezultatima svoga rada na način koji je prikladan karakteristikama ciljne publike, pri čemu je komuniciranje ideja potkrijepljeno čvrstim naučnim argumentima.

## KLJUČNI SADRŽAJI

Svi sadržaji predviđeni za izučavanje u prvom razredu.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Eksperimentalni metod

Svi učestvuju u eksperimentalnim istraživanjima fizikalnih pojava putem demonstracionih oglada, labaratorijskog ili projektnog rada: Ravnomjerna i promjenjiva kretanja npr. preko senzora pokreta), Provjera drugog Newtonovog zakona, Određivanje ubrzanja Zemljine teže kod slobodnog pada, Mjerenje koeficijenta statičkog i dinamičkog trenja, Provjera zakona održanja energije i impulsa.

Ovu listu potrebno je shvatiti samo kao preporuku, koja može biti i proširena na procjenu nastavnika i koja odražava jedan od mogućih konteksta za razvijanje učeničkih vještina korištenja eksperimentalnog metoda u nastavi fizike za prvi razred gimnazije.

Prilikom izvođenja eksperimenata potrebno je posvetiti posebnu pažnju na sigurnost i podsticati da se izvode eksperimenti sa lako pristupačnim materijalima.

### 2. Matematički metod

Potrebno je insistirati na metodičkom pristupu izradi fizikalnih zadataka: vizualizacija, fizikalna rasprava, kreiranje i implementacija matematičkog plana, kritički osvrt na rješenje zadatka.

Kod zadataka iz mehanike podsticati na korištenje dijagrame sile i dijagrama kretanja. Kod računskih zadataka koristiti znanja o rješavanju sistema jednačina sa više nepoznatih i kvadratnih jednačina. Koristiti znanja iz geometrije za rješavanje zadataka u kontekstu strme ravni.

### 3. Ovladavanje komunikacijskim vještinama u kontekstu fizike

Potrebno je u nastavi, kod uvođenja novih pojmova zahtijevati opis shvatanja pojmova na osnovu jezika svakodnevnice, kako bi se uočile eventualne jezičke miskoncepcije i omogućio proces konceptualne promjene.

Treba insistirati na kombiniranju velikog broja različitih prikaza informacija i na aktivnostima prevođenja jednih prikaza u druge. Također, potrebno je priuštiti brojne prilike za komuniciranje o fizikalnim pojavama i procesima – bilo da se radi o diskutiranju o ishodima eksperimenta, prezentiranju seminarskog rada ili pisanju pripreme za eksperimentalni rad.

Prilikom komuniciranja ideja o mehaničkim pojavama treba ohrabrivati skiciranje dijagrama kretanja i dijagrama sila.

## ► Srednje ► II.

### Godine učenja i podučavanja predmeta: 5

#### D ELEKTRICITET I MAGNETIZAM

##### D.II.1

Primjenjuje znanje o međudjelovanju električnih naboja

Povezuje razvoj ideja o atomskoj strukturi materije sa razvojem razumijevanja o električnim pojavama.

Opisuje sličnosti i razlike između Coulombovog zakona i Newtonovog zakona gravitacije.

Koristi Coulombov zakon radi rješavanja jednostavnih kvantitativnih i kvalitativnih problema.

Istražuje primjenu zakonitosti elektrostatike u svakodnevnici (npr. printer, prskalice u agrikulturi isl.).

##### D.II.2

Primjenjuje pojam električnog polja radi analiziranja pojava i procesa u elektrostatici

Kombinuje pojmove sile, rada, potencijalne energije, potencijala i/ili napona radi rješavanja kvalitativnih i kvantitativnih zadataka.

Objašnjava ponašanje provodnika i izolatora u električnom polju polazeći od modela građe tvari.

Primjenjuje znanje o kondenzatorima radi rješavanja kvalitativnih i kvantitativnih problema.

Objašnjava kretanje naelektrisane čestice u homogenom električnom polju.

Objašnjava električne pojave u atmosferi i upoznaje se sa mjerama koje se poduzimaju za zaštitu od istih.

### D.II.3

Analizira pojavu i efekte protjecanja električne struje u čvrstim tijelima, tečnostima i gasovima

Uspoređuje uslove potrebne za protjecanje prelazne i stalne struje.

Uspoređuje modele vođenja električne struje kroz čvrsta tijela, tečnosti i gasove.

Tumači svojstvo otpornosti i njegovu vezu sa temperaturom polazeći od modela građe tvari.

Uspoređuje efekte protjecanja električne struje u tečnostima, gasovima i čvrstim tijelima.

Objašnjava uticaj električne struje na organizam te nudi odgovarajuće preporuke koje se tiču zaštite ličnog zdravlja i električnih uređaja.

## KLJUČNI SADRŽAJI

Elektricitet ili naelektrisanje, Coulombov zakon, električno polje, jačina električnoga polja, električni potencijal, elektrostatička potencijalna energija, napon i rad u električnome polju, električni kapacitet, kondenzatori i vezivanje kondenzatora, kretanje naboja u električnome polju, katodna cijev i elektricitet u atmosferi, statički elektricitet kod aparata.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline– metodičke smjernice

O elektrostatici se prvi put uči u devetom razredu osnovne škole. U srednjoškolskoj nastavi se u nešto većoj mjeri pažnja posvećuje određivanju polja u slučaju većeg broja naelektrisanja, te razmatranju pojava u električnom polju iz perspektive rada i energije. Poteškoće sa učenjem ove oblasti uglavnom su uzrokovane nedostatkom direktnog fizičkog iskustva sa elektrostatičkim pojavama.

Tako npr. se često smatra da se provodnik može naelektrisati, ali izolator ne. Osim toga, električnu influenciju i polarizaciju dielektrika mnogi objašnjavaju tvrdnjom da sa naelektrisane šipke "naelektrisanje prelazi" na posmatrani provodnik odnosno izolator. Pri tome se naelektrisanje percipira samo po sebi kao objekt umjesto kao svojstvo objekta (npr. elektrona), a pozitivno naelektrisanje se pogrešno pripisuje primanjem protona. Kada je u pitanju Coulombov zakon, mnogi pokušavaju da ga koriste i za tijela proizvoljnog oblika, a što se tiče električnog polja, često ne vide ni svrhu uvođenja tog pojma i smatraju da ga nema u prostoru između linija polja. Osim toga, često smatraju da je jačina električnog polja na jednoj ekvipotencijalnoj liniji svugdje ista.

Preporučivo je prvo pomoći da se razvije mentalni model naboja koji uključuje razumijevanje procesa naelektrisanja, očuvanja naboja i vezu između mikro i makro pojava. Ovaj model se jedino može izgraditi kroz izvođenje oglada. Prilikom uvođenja Coulombovog zakona treba naglasiti eksplicitno njegova ograničenja.

Dalje, treba uvesti pojam električnog polja pri čemu je preporučivo istaknuti da: polje postoji u svim tačkama prostora; polje postoji neovisno o prisustvu probnog naboja; i pored toga što se vektor jačine električnog polja crta tako da se "prostire kroz prostor", on karakteriše uvijek samo jednu tačku, u kojoj je početak vektora.

Kada je u pitanju pojam potencijala, preporučivo ga je uvesti kao svojstvo polja, preko pojma rada. Općenito, treba nastojati izvršiti transfer znanja iz oblasti gravitacionog polja i mehaničke energije, u oblast električnog polja. Treba obezbijediti mogućnost tretiranja pojave polazeći od zakona očuvanja energije. Osim toga, treba u kontekstu ekvipotencijalnih linija ukazati na veze između pojmova potencijala i jačine električnog polja. Preporučivo je ukazati da se razlike potencijala uspostavljaju uvijek zbog razdvajanja naboja, te objasniti kako se to razdvajanje naboja koristi za skladištenje energije kod kondenzatora.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je ostvarivanje poveznica sa Biologijom (npr. membranski potencijal), Geografijom (npr. analogija topografske mape i ekvipotencijalnih linija), Hemijom (npr. vezanost elektrona u atomima različitih materijala) i matematikom (npr. slaganje vektora)

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Pojam polja jedan je od ključnih u fizici i njegovo savladavanje je bitno za vertikalno nadograđivanje znanja u oblasti Fizike. Odgojno se može djelovati kroz upoznavanje sa primjenama elektrostatike u tehnologiji (npr. prečišćivači vazduha, gromobrani) koje mogu unaprijediti kvalitet življenja. Kroz opis Millikanovog eksperiment moguće je razvijati stav o značaju upornosti za uspjeh. Kroz upoznavanje sa ogleđima koji su izvodili Frenklin,

Lomonsov i Riman moguće je razvijati svijest o opasnosti od električnog pražnjenja u atmosferi.

<p>D.II.4 Sastavlja i istražuje strujna kola istosmjerne struje</p>	<p>Sastavlja strujno kolo u skladu sa zadanom shemom ili crta shemu prema zadanom kolu.</p> <p>Analizira i primjenjuje Ohmov zakon za dio strujnog kola i za cijelo strujno kolo.</p> <p>Koristi Joule-Lenzov zakon i Kirchhoffova pravila radi rješavanja kvalitativnih i kvantitativnih problema i određivanja vrijednosti fizikalnih veličina u strujnom kolu.</p> <p>Identificira sličnosti i razlike između poluprovodnika, provodnika i izolatora, polazeći od modela građe tvari.</p> <p>Prikuplja i kritički procjenjuje primjene strujnih kola istosmjerne struje u raznovrsnim kontekstima.</p>
<p>D.II.5 Istražuje svojstva stalnih magneta i karakteristike magnetnog polja</p>	<p>Tumači pojam elementarnog magneta, polazeći od znanja o građi tvari.</p> <p>Istražuje i opisuje magnetno polje Zemlje</p> <p>Uspoređuje magnetno i električno polje ukazujući na njihovu vektorsku prirodu.</p> <p>Opisuje razlike između dijamagnetika, paramagnetika i feromagnetika.</p> <p>Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama znanja o magnetizmu u svakodnevnicima i tehnicima (npr. polarna svjetlost, orijentacija kod pojedinih životinjskih vrsta).</p>
<p>D.II.6 Primjenjuje znanje o magnetnim efektima električne struje i djelovanju magnetnog polja na naboj u kretanju</p>	<p>Uspoređuje magnetno polje pravolinijskog provodnika, kružnog provodnika i solenoida.</p> <p>Predviđa način kretanja naelektrisanih čestica u magnetnom polju.</p> <p>Uspoređuje Lorentzovu i Ampereovu silu.</p> <p>Rješava kvalitativne i kvantitativne probleme koji se odnose na magnetno polje električne struje i djelovanje magnetnog polja na naboj u kretanju.</p> <p>Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o mogućnostima primjene znanja o elektromagnetizmu u praksi (npr. elektromagnetne dizalice, ciklotron, elektromotor).</p>

KLJUČNI SADRŽAJI



Istosmjerna struja. Električni strujni krug i električni otpor. Otpornici. Paralelno i serijsko vezivanje otpornika. Ohmov zakon (jednostavni i složeni strujni krugovi). Kirchhoffova pravila. Rad, snaga i energija električne struje. Električna struja u tekućinama i plinovima

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

U devetom razredu osnovne škole uči se o istosmjernoj električnoj struji. U srednjoj školi se očekuje da se u većoj mjeri uči o protjecanju električne struje kroz tečnosti, gasove i poluprovodnike. Međutim, i u srednjoj školi se često ispoljavaju miskoncepcije o električnoj struji; npr. mnogi vjeruju da je baterija izvor elektrona i da jedna te ista baterija “daje” uvijek istu jačinu struje, bez obzira na kakvo kolo se spoji. Osim toga, često se vjeruje da se jačina struje troši prilikom protjecanja kroz uređaje, te vjeruju da lokalne modifikacije kola ne utječu na ostatak kola.

Preporučuje se prvo na primjeru jednostavnog kola dodatno utvrditi i produbiti znanje o temeljnim veličinama kao što su jačina struje, napon i električni otpor. Potrebno je nadovezati se na znanje elektrostatike, te npr. pokazati da kod pražnjenja kondenzatora nastaje prelazna struja. Nakon toga moguće je nadovezati se i na ideju da je za postojanje razlike potencijala nužno razdvajanje naboja, što nam služi kao polazna osnova za uvođenje pojma baterije. Nakon toga se iz perspektive transformacija energije može analizirati funkcioniranje jednostavnog kola, i miskoncepcija o trošenju jačine struje se može prevazići koncepcijom o “trošenjem, tj. degradaciji” energije. Kod razmatranja složenijih kola treba razvijati svijest da se shema jednog te istog kola može crtati različito (npr. kod paralelne veze otpornika, otpornici ne moraju biti prikazani paralelno jedan drugome). Radi funkcionalnosti znanja u praksi bitno je tumačiti i pojam električne snage, npr. značenje da je snaga sijalice 100 W.

Za efikasno učenje ove oblasti, a posebno za učenje o poluprovodnicima, od ključnog je značaja da učenici prethodno uče o hemijskim vezama u čvrstim tijelima, energiji jonizacije i molekularno-kinetičkoj teoriji.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Radi boljeg razumijevanja protjecanja električne struje kroz različite materijale, od ključnog je značaja kreirati poveznice sa modelom građe tvari koji se između ostalog razvija i kroz predmet Hemija. Također je moguće kreirati poveznice i sa predmetom Historija (npr. utjecaj izuma u oblasti električne struje na razvoj društva).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Moguće je razvijati tjelesno-zdravstvenu kompetenciju kroz razvijanje znanja o zaštiti od udara munje. Osim toga, moguće je razvijati i svijest o utjecaju razvoja znanja o električnoj struji na društveni razvoj. Tematika električnih auta može poslužiti za diskusiju o mogućnostima zaštite okoliša.

#### D.II.7

Istražuje pojavu elektromagnetne indukcije i mogućnosti njene primjene u praksi

Eksperimentalno istražuje i opisuje različite načine mijenjanja magnetnog fluksa kroz provodnik koji rezultiraju pojavom elektromagnetne indukcije.

Tumači pojavu elektromagnetne indukcije na mikroskopskom nivou (razdvajanje naboja u provodniku).

Razlikuje međusobnu indukciju i samoindukciju.

Koristi Faradayev i Lenzov zakon radi rješavanja kvalitativnih i kvantitativnih problema.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama elektromagnetne indukcije u praksi (npr. indukciona peć).

## D.II.8

Analizira kola naizmjenične struje i njihovu primjenu u praksi

Opisuje razlike između istosmjerne i naizmjenične struje, uključujući i mehanizme njihovog dobijanja.

Izvodi zaključke o naizmjeničnoj struji na osnovu datih grafikona (npr. tumači ovisnost trenutne jačine struje o vremenu).

Definiše termogeni, kapacitivni i induktivni otpor.

Koristi znanje o strujnim kolima naizmjenične struje radi rješavanja jednostavnih kvalitativnih, kvantitativnih i eksperimentalnih problema.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o naizmjeničnoj struji u kontekstu svakodnevnice, medicine i tehnike (npr. sistem prijenosa električne energije, opasnosti koje prijete od istosmjerne i naizmjenične struje).

## D.II.9

Uspostavlja veze između elektromagnetnih oscilacija i talasa, te kritički procjenjuje primjene elektromagnetskih talasa u svakodnevnici

Opisuje pretvaranje energije u električnom oscilatornom kolu.

Opisuje ovisnost brzine prostiranja elektromagnetnih talasa o električnim i magnetnim svojstvima sredine.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama elektromagnetnih talasa u praksi (npr. mikrovalna pećnica, rendgenski snimak, prijenos informacija na daljinu).

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o problemu elektromagnetnog zagađenja i utjecaju istog na čovjekovo zdravlje.

## KLJUČNI SADRŽAJI

Magnetna svojstva na nivou atoma - elementarni magneti, stalni magneti, magnetno polje, magnetna indukcija kao pojava, magnetno polje provodnika sa strujom, solenoid i elektromagnet, magnetno polje Zemlje, magnetna indukcija kao fizička veličina, magnetni fluks, jačina magnetnog polja, elektromagnetna sila - Amperova i Lorencova sila, elektromagnetna indukcija, Lenzovo pravilo, samoindukcija, uzajamna indukcija, induktivitet.

Princip dobijanja naizmjenične struje, frekvencija, period i faza naizmjenične struje, efektivne vrijednosti struje i napona, termogeni, induktivni i kapacitivni otpor, Serijska RLC veza, Omov zakon za kolo naizmjenične struje, impedanca, Snaga u kolu naizmjenične struje, transformatori, Mreže naizmjenične struje, Sličnosti i razlike između istosmjerne i naizmjenične struje, Oscilatorno kolo, elektromagnetni talasi i dijelovi elektromagnetskog spektra (opseg frekvencije ili talasne dužine).

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

U osnovnoj školi učilo se o magnetizmu u devetom razredu. U srednjoškolskoj nastavi produbiti znanje o ponašanju tvari u magnetskom polju, te pomoću kompleksnijeg matematičkog aparata izučavati magnetske pojave. Međutim, pokazuju se miskonceptije o magnetizmu i u srednjim školama; npr. često vjerovanje da negativno naelektrisana šipka privlači sjeverni pol magneta, a odbija južni. Kada je u pitanju elektromagnetna indukcija, najveća poteškoća ogleda se u čestom miješaju magnetskog fluksa i promjene fluksa.

Preporučuje se najprije u kontekstu stalnih magneta uvesti pojam magnetskog polja, pri čemu će probni naboj iz elektrostatike zamijeniti magnetna igla kao indikator jačine i smjera magnetskog polja u određenoj tački prostora. Na osnovu činjenice da se i u prostoru oko provodnika dešava otklon magnetne igle, moguće

je povezati magnetizam stalnih magneta i elektromagneta. Tu vezu moguće je dalje razvijati kroz razmatranje sila kojima neko vanjsko magnetno polje djeluje na okvir sa strujom, na sličan način kao što bi djelovalo i na stalni magnet.

Kada je u pitanju elektromagnetna indukcija, snažno se preporučuje demonstriranje što većeg broja različitih situacija koje dovode do induciranja elektromotorne sile, ali i onih situacija koje suprotno očekivanjima ne dovode do elektromagnetne indukcije. Ogled u kojem se ispituje međudjelovanje solenoida sa strujom i aluminijskog prstena okačenog uz otvor solenoida, nudi plodotvoran kontekst za uvođenje Lenzovog zakona i utvrđivanje znanja o elektromagnetnoj indukciji. Kao i kod mehaničkih i toplotnih mašina, i ovdje se preporučuje razmatranje stepena korisnog djelovanja električnih mašina.

Kada su u pitanju elektromagnetni talasi i naizmjenična struja, u osnovnoškolskoj nastavi fizike stečeno je samo osnovno znanje o karakteristikama elektromagnetnog spektra. U srednjoj školi se očekuje produblivanje razumijevanja pojma elektromagnetnog talasa, načina njihovog nastajanja i njihovih karakteristika. Osim toga, očekuje se razvijanje razumijevanja o kolima naizmjenične struje. Kada su u pitanju miskoncepcije, one su slične kao kod kola istosmjerne struje, a kada je u pitanju elektromagnetni talas, mnogi vjeruju da je ravni elektromagnetni talas prostorno ograničen sinusoidom koja služi za njegovo predstavljanje.

Unutar ove tematske cjeline preporučuje se pojam naizmjenične struje i ključne veličine koje ga opisuju uvesti najprije u kontekstu jednostavnog kola koje uključuje samo termogeni otpor. Zatim se može uvesti pojam transformatora, te istaknuti značaj transformatora za sistem snabdijevanja električnom energijom. U nastavku se preporučuje razmatranje električnih kola u kontekstu domaćinstva, kao i tematika zaštite od strujnog udara i pružanja pomoći unesrećenom; u tom kontekstu se može kreirati poveznica između naizmjenične struje i istosmjerne struje koja se u konačnici koristi kod većeg broja uređaja (npr. kod računara). Najzad, preporučivo je pažnju posvetiti konceptualnom značenju kapacitivnog i induktivnog otpora, prije nego pređemo na razmatranje oscilatornih kola. Kod razmatranja oscilatornog kola, savjetuje se korištenje analogije sa mehaničkim oscilacijama i prikazivanje simulacije procesa koji se dešavaju u oscilatornom kolu. Poželjno je razmotriti kvalitativno i kvantitativno primjenu oscilatornih kola (npr. kod radio prijemnika). Induciranje magnetnog polja uslijed promjene električnog, i obratno, upravo je u srži generiranja elektromagnetnih talasa. Ovu činjenicu je potrebno zorno ilustrirati kroz simulaciju ili misaoni eksperiment. Potrebno je posebno obratiti pažnju na korektan način tumačenja ilustracije ravnog elektromagnetnog talasa.

## **2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije**

Moguće su poveznice sa Hemijom (npr. karakteristike materijala i podjela na feromagnete, paramagnete i dijamagnete), Biologijom (npr. transkranijalna magnetska simulacija mozga) i Geografijom (npr. magnetno polje Zemlje i navigacijski uređaji).

Moguće je kreiranje poveznice sa Biologijom (npr. biološki efekti električne struje, ionizujućeg i neionizujućeg zračenja), Moguće je ostvariti poveznicu sa Matematikom (npr. kroz razmatranje karakteristika sinusoidalnih funkcija koje predstavljaju promjenu trenutne vrijednosti napona i jačine struje sa vremenom).

## **3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup**

Razmatranje stepena korisnog djelovanja električnih uređaja može da omogući odgojno djelovanje usmjereno ka efikasnijoj i štednjoj energije. Poduzetnost i kreativno-produktivna kompetencija se može razvijati kroz implementiranje projekta iz oblasti elektromagnetizma (npr. izrada modela elektromotora).

Moguće je značajno odgojno djelovanje po pitanju prevencije i zaštite od strujnog udara, kao i osnova pružanja pomoći unesrećenom. Također je moguće razvijati i svijest o karakteristikama različitih vrsta elektromagnetnog zračenja i njihovom utjecaju na živu prirodu. U tom smislu se može razvijati kreativno-produktivna kompetencija i tjelesno-zdravstvena kompetencija kroz projekt o pojavi elektromagnetskog zagađenja.

## E

### OPTIKA I MODERNA FIZIKA

#### E.II.1

Istražuje prirodu svjetlosti i primjenjuje temeljne zakone fotometrije

Analizira prirodu svjetlosti i njen značaj u razvoju moderne slike svijeta.

Objašnjava pojavu svjetlosti kao dio elektromagnetskog spektra te analizira pojmove boja i prozirnost tijela

Uspoređuje pojmove svjetlosnog fluksa, jačine svjetlosti i osvjetljenosti.

Rješava jednostavne probleme u oblasti fotometrije.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o rasvjeti u enterijerima i eksterijerima radi postizanja optimalne osvjetljenosti i maksimalne uštede energije .

#### E.II.2

Istražuje temeljne zakonitosti i pojave iz oblasti geometrijske optike

Eksperimentalno istražuje i tumači temeljne zakone geometrijske optike.

Rješava kvalitativne i kvantitativne probleme služeći se znanjem o prostiranju, odbijanju i prelamanju svjetlosti.

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama geometrijske optike u raznovrsnim autentičnim kontekstima (npr. optički kablovi, korekcije oštećenja vida, periskop).

Objašnjava optičke pojave u atmosferi koristeći se zakonima geometrijske optike ( duga, "Halo" efekat, fatamorgana, polarna svjetlost i sl).

#### E.II.3

Istražuje i opisuje pojave u talasnoj optici

Opisuje pojave interferencije i difrakcije svjetlosti.

Opisuje razlike u izgledu slika koje dobijemo interferencijom/difrakcijom svjetlosti u eksperimentima (npr na jednoj i dvije jako uske pukotine - Youngov eksperiment kao i na optičkoj mrežici)

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama znanja o interferenciji i difrakciji svjetlosti u svakodnevnicima i tehnicima (npr. rezolucija optičkih instrumenata, razlaganje svjetlosti na CD-u, holografija, interferometrija).

Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o rasijanju i polarizaciji svjetlosti u kontekstu svakodnevnice i tehnike (npr. objašnjenje plavetnila neba, polarizirane sunčane naočale).

### KLJUČNI SADRŽAJI

Dvojna priroda svjetlosti. Fotometrija i fotometrijske veličine: svjetlosni fluks, jačina svjetlosti, osvjetljenost. Indeks prelamanja svjetlosti. Oko kao optički sistem i osjetljivost oka. Geometrijska optika i njeni zakoni (npr zakon refleksije i zakon refrakcije). Totalna refleksija. Optički elementi u primjeni: plan-paralelna ploča, optička prizma, ogledala, optička sočiva. Disperzija svjetlosti i optičke iluzije. Optički instrumenti.

Hajgensov princip, Interferencija svjetlosti, difrakcija svjetlosti, rasijanje svjetlosti, polarizacija svjetlosti i holografija.

### PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

## **1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline– metodičke smjernice**

U devetom razredu osnovne škole uči se o geometrijskoj optici. U srednjoškolskoj nastavi se određene pojave, poput prelamanja svjetlosti izučavaju polazeći od kompleksnijeg matematičkog aparata. Ovdje je prvi susret sa osnovama fotometrije. Mnogi ne uspijevaju povezati svjetlost sa prenošenjem energije. Također, nerijetko viđenje objekata jednostavno “objašnjavaju” činjenicom da su i oko i objekt uronjeni u isto “svjetlosno more”.

Kada je u pitanju fotometrija, preporučivo je pojmove uvoditi u autentičnim kontekstima ostvarivanja optimalne osvjetljenosti u svojoj radnoj sobi, te osvjetljenosti planete Zemlje i smjeni godišnjih doba. Kada je u pitanju izvođenje temeljnih zakonitosti fotometrije, poželjan je eksperimentalni pristup koji može biti zasnovan na korištenju fotoćelija. Kod Lambertovog kosinusnog zakona bitno je istaknuti i njegova ograničenja (npr. u slučaju izvora koji nisu tačkasti). Oblast geometrijske optike moguće je obraditi u velikoj mjeri kroz izvođenje oglada sa lako pristupačnim materijalima. Pri tome je jako bitno dobro usvojiti model svjetlosne zrake i naučiti ga primjenjivati u raznovrsnim kontekstima (npr. za objašnjenje viđenja objekata).

Kroz objašnjavanje prirodnih pojava, poput duge i prividne dubine jezera, te optičkih iluzija, koristiti dodatni motiv. Preslikavanje na optičkim elementima treba obraditi sistemski, ukazujući na sličnosti i razlike između pojedinih elemenata. Potrebno je istaknuti da od jedne tačke predmeta u općem slučaju polazi beskonačno mnogo zraka, ali iz praktičnih razloga pratimo samo karakteristične.

Kada je u pitanju talasna optika, u osnovnoj školi je stečeno činjenično znanje da svjetlost predstavlja elektromagnetni talas. U srednjoškolskoj nastavi dublje je upoznavanje sa pojavama koje proističu iz talasne prirode svjetlosti. Pokazuje se da je izrazito zahtjevno razmišljati o pojavama talasne optike; često se miješaju talasni model i model zrake (npr. predodžba da širenjem pukotine uvijek dolazi do širenja difrakcijskih maksimuma) i postoje poteškoće za simultano razmišljanje o prostornom i vremenskom aspektu talasa.

Zornost nastave se može obezbijediti kroz korištenje analogije sa talasima na vodi i odgovarajućih simulacija. Razmišljanje o polarizaciji svjetlosti zahtijeva znatan nivo vizuospcijalnih sposobnosti, te se snažno preporučuje korištenje simulacija i 3d prikaza.

## **2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije**

Moguće je kreiranje poveznica sa Biologijom (npr. ljudsko oko i otklanjanje nedostataka oka sočivima; princip funkcioniranja mikroskopa), sa Informatikom (npr. prenos informacija optičkim kablovima)

Moguće su korelacije sa Biologijom (npr. rezolucija kod mikroskopa), Informatikom (npr. zapis informacije na DVD-u), Tjelesnim odgojem (npr. polarizacije naočale kod skijaša) i Hemijom (npr. određivanje koncentracije supstanci na osnovu njihove optičke aktivnosti).

## **3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup**

Unutar ove tematske cjeline treba skrenuti pažnju na značaj dobre osvjetljenosti radnog prostora za zdravlje čovjeka. Također, poželjno je skrenuti pažnju na pravovremeno dijagnosticiranje problema sa vidom i modernim mogućnostima otklanjanja tih problema. Kreativno-produktivnu kompetenciju moguće je razvijati kroz implementiranje projekta (npr. kreiranje modela teleskopa).

Na primjeru historijskog razvoja ideje o prirodi svjetlosti moguće je razvijati svijest o značaju argumentacije potkrijepljene dokazima. Oblast talasne optike svoj značaj naročito crpi iz činjenice da predstavlja plodotvoran kontekst za razvoj razumijevanja o jednom od ključnih fizikalnih koncepata, konceptu talasa. Time se daje znatan doprinos razvoju prirodoznanstvene pismenosti.

<p>E.II.4</p> <p>Istražuje prirodu elektromagnetnog zračenja</p>	<p>Analizira historijski kontekst u kojem je došlo do postavljanja hipoteze o kvantnoj prirodi toplotnog zračenja.</p> <p>Istražuje i putem različitih reprezentacija opisuje kako se mijenjaju svojstva toplotnog zračenja u funkciji temperature (npr. intenzitet, spektralna raspodjela).</p> <p>Istražuje i objašnjava kako dolazi do pojave fotoelektričnog efekta ističući poveznice sa pojavom toplotnog zračenja (npr. emisija vs apsorpcija fotona).</p> <p>Rješava kvalitativne i kvantitativne probleme vezane za pojave toplotnog zračenja i fotoefekta .</p> <p>Prikuplja i procjenjuje informacije o primjenama zakona toplotnog zračenja i fotoefekta u različitim kontekstima (npr. mjerenje temperature Sunca, fotoćelije).</p>
<p>E.II.5</p> <p>Analizira ideju o dualnoj prirodi materije</p>	<p>Tumači difrakciju elektrona kao dokaz daelektroni imaju i valnu prirodu.</p> <p>Prikuplja i procjenjuje informacije o primjenama valova materije u raznovrsnim kontekstima (npr. elektronski mikroskop).</p>
<p>E.II.6</p> <p>Procjenjuje različite modele atoma i analizira linijske spektre</p>	<p>Uspoređuje Thomsonov, Rutherfordov i Bohrov model atoma.</p> <p>Tumači konceptualno značenje kvantnih brojeva koji se uvode radi kvantno-mehaničkog opisa atoma.</p> <p>Kreira poveznice između kvantno-mehaničkog opisa atoma i periodnog sistema elemenata (npr. preko kvantnih brojeva i Paulijevog principa isključivosti).</p> <p>Prikuplja i procjenjuje informacije o primjenama atomske fizike u raznovrsnim kontekstima (npr. primjena lasera u medicini, modeli vođenja električne struje).</p>

## KLJUČNI SADRŽAJI

Toplotno zračenje, Planckova hipoteza, fotoelektrični efekat, difrakcija elektrona, talasno-korpuskularni dualizam, Heisenbergov princip neodređenosti.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline– metodičke smjernice

U osnovnoj školi nije izučavana kvantna fizika. Poznato je da o ovoj tematici postoje brojne miskoncepcije; tako npr. često se smatra da tijela na temperaturi nižoj od 0 °C ne emituju toplotno zračenje, da se fotoelektroni iz katode izbijaju zbog postojanja baterije u kolu, te da je de Broglieva valna dužina fiksna za jednu vrstu čestice. Mnogi vjeruju da se difrakcija elektrona ne bi dešavala kada bi se elektroni ispaljivali jedan po jedan prema pukotini.

Preporučuje se toplotno zračenje obraditi u kontekstu jednostavnih eksperimenata i/ili misaonih eksperimenata, kako bi razvili svijest o tome kako smo uopšte došli do zaključaka o karakteristikama toplotnog zračenja. Imajući u vidu da je izučavanje toplotnog zračenja prokrčilo put za uvođenje kvantne hipoteze, ova tema može biti iskorištena za opis prirode fizike.

Kada je u pitanju fotoefekat, potrebno je ukazati na značajnu konceptualnu vezu sa toplotnim zračenjem (emisija vs apsorpcija kvantata), te zakonitosti fotoefekta istražiti kroz virtuelni eksperiment. Pri tome je jako bitno i dobro shvatiti sve aspekte eksperimentalne postavke (npr. funkciju baterije). Pojam izlaznog rada može se zorno prikazati i kroz neke fizičke modele (npr. izbijanje optika iz manje ili više dubokih posuda).

Kada je u pitanju dualna priroda materije, potrebno je pokazati kako su saznanja o svjetlosti dovela do sličnih hipoteza o materiji. Pri tome može biti jako korisno povlačenje analogije između difrakcije svjetlosti i difrakcije elektrona.

## 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je kreirati poveznice sa Biologijom (npr. efekti x-zraka na ljudski organizam) i Hemijom (npr. izlazni rad i energija veze).

## 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Moguće je odgojno djelovati po pitanju potencijalne opasnosti izlaganja x-zračenju. Osim toga, učenje o toplotnom zračenju može nam pomoći da razvijemo stavove o samoj prirodi fizike. Kreativno-produktivna kompetencija se može razvijati kroz projekt o primjenama toplotnog zračenja (npr. snimanje emisije toplotnog zračenja pomoću infracrvene kamere kod razmatranja toplotne izolacije u građevinarstvu).

### E.II.7

Primjenjuje znanje o nuklearnim procesima i kritički procjenjuje primjene nuklearne fizike u praksi

Uspoređuje nuklearno, elektromagnetno i gravitaciono međudjelovanje.

Tumači prirodu radioaktivnog raspada, kao i svojstva alfa, beta i gama zračenja.

Piše i tumači jednostavne nuklearne reakcije polazeći od periodnog sistema elemenata i zakona očuvanja.

Rješava kvantitativne i kvalitativne probleme koji uključuju zakone radioaktivnog raspada i defekt mase.

Prikuplja i procjenjuje informacije o utjecaju radioaktivnog zračenja na žive organizme, te referira na pravila u oblasti radijacijske i nuklearne sigurnosti u BiH.

Prikuplja i procjenjuje informacije o primjenama nuklearne fizike u raznovrsnim kontekstima (npr. medicinska dijagnostika i terapija, radiokarbonsko datiranje, generiranje energije).

### E.II.8

Opisuje osnovne postavke fizike elementarnih čestica i analizira utjecaj razvoja tehnologije na razvoj fizike

Opisuje kako je analiza kosmičkog zračenja pomogla u razvoju fizike elementarnih čestica (npr. otkriće pozitrona).

Objašnjava zašto se proton i neutron ne mogu smatrati elementarnim česticama.

Prikuplja i procjenjuje informacije o primjenama znanja fizike elementarnih čestica (npr. poveznice sa kosmologijom).

## KLJUČNI SADRŽAJI

Modeli atoma, atomski spektri, Bohrov model atoma, kvantno-mehanički model atoma, periodni sistem elemenata i princip isključenja, međudjelovanje nukleona u jezgri, energija veze jezgra i defekt mase, radioaktivnost, zakon radioaktivnog raspada, nuklearna energija, nuklearne reakcije, djelovanje



radioaktivnog zračenja na žive organizme, elementarne čestice i fundamentalne sile, antičestice, klasifikacija čestica.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

U osnovnoj školi na konceptualnom nivou učilo se o temeljnim osobinama atoma i atomskih jezgara. U srednjoškolskoj nastavi se ovo znanje produbljuje i proširuje primarno kroz razmatranje kvantnomehaničke slike atoma. Jedna od poznatih miskoncepcija u ovoj oblasti sastoji se u ne prihvatanju ideje da prilikom sudara atoma sa drugim atomima može doći do njihovog pobuđivanja. Kada je u pitanju nuklearna fizika često se smatra da radioaktivni raspad dovodi do nestanka jezgra, umjesto do njegove transformacije. Također, mnogi vjeruju da nakon dva vremena poluraspada nestaju sva jezgra.

Bitno je razviti svijest da atomi veliku većinu vremena provode u osnovnom stanju, a da do pobuđivanja u viša energetska stanja može doći kroz sudare. Također je nužno istaknuti da su atomski spektri odraz strukture energetskih nivoa atoma, te da se atomi kroz analizu spektra mogu jednoznačno identificirati. Potrebno je pružati priliku da rješavanje i računskih zadataka u kontekstu Bohrovog modela atoma. Najzad je potrebno dati opis kvantnomehaničkog modela atoma, primjeniti znanje radi određivanja elektronskih konfiguracija i primjene kvantne mehanike radi objašnjavanja periodnog sistema elemenata. Pri tome vrijedi pojasniti ulogu Paulijevog principa i Heisenbergove relacije neodređenosti za strukturu atoma. Kada je u pitanju nuklearna fizika potrebno je povezati radioaktivni raspad sa nestabilnošću određenih jezgri. Zakon radioaktivnog raspada moguće je demonstrirati tako što od učenika tražimo da svi ustanu, a zatim da svako od njih baca kocku i sjedne ako baci šesticu. Nakon tri bacanja bi približno pola razreda trebalo da sjedi čime bismo uveli pojam vremena poluraspada. Moguće je pokazati da nakon 6 bacanja, tj. dva vremena poluraspada još uvijek imamo značajan broj učenika koji stoje. Glavna funkcija čestične fizike se ovdje sastoji u boljem razumijevanju samih nuklearnih reakcija, uključujući radioaktivni raspad.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je kreirati značajne poveznice sa Hemijom (npr. objašnjenje periodnog sistema elemenata) i sa Biologijom (npr. efekti nuklearnog zračenja na ljudski organizam).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Ova oblast nudi dobar kontekst za upoznavanje sa zakonskom regulativom u oblasti jonizujućeg zračenja. Moguće je kod razvijati svijest o prednostima (npr. nuklearna energija; nuklearna medicina) i opasnostima razvoja fizike (npr. nuklearna bomba; nuklearne nesreće u Fukushimi i Chernobylu).

## A

### PRIRODA FIZIKE I NAUČNI METOD

#### A.II.1

Primjenjuje eksperimentalni metod u kontekstu fizike.

Provodi samostalno eksperimentalna istraživanja otvorenog tipa: identifikuje predmet istraživanja, prikuplja relevantne podatke, kreira modele, bira metode istraživanja, te analizira i prezentira rezultate istraživanja.

Računa i analizira mjerne pogreške.

Predlaže poboljšanja u dizajnu eksperimenta.

Prikuplja i obrađuje podatke koristeći se modernim tehnologijama (npr. software za obradu podataka, digitalna videoanaliza, senzori).

### A.II.2

Primjenjuje matematički metod u kontekstu fizike.

Izvršava operacije nad vektorima (slaganje, razlaganje, množenje vektora skalarom, skalarni i vektorski proizvod dva vektora) u kontekstu opisivanja i rješavanja fizikalnih problema.

Koristi i trigonometrijsku funkciju u kontekstu rješavanja fizikalnih problema.

Rješava aproksimacijske i kontekstualno bogate probleme, te općenito probleme koji zahtijevaju kombinovanje većeg broja relacija.

Kritički se odnosi prema postavci i rješenju problema, te razlikuje relevantne od irelevantnih informacija.

Izvodi opći (simbolički) izraz za nepoznatu fizičku veličinu.

Predlaže vlastite primjere fizikalnih problema.

### A.II.3

Primjenjuje komunikacijske vještine u kontekstu fizike.

Objašnjava prirodne pojave, međudjelovanja i procese pozivajući se na osnovne principe fizike i koristeći vokabular fizike.

Koristi raznovrsne tehnologije u sakupljanju, obradi i predstavljanju informacija.

Opisuje i koristi raznovrsne opće (riječi, crteži, grafikoni, tabele, matematički izrazi, makete, simulacije, video-snimci) i oblasno-specifične reprezentacije (dijagrame sila, dijagrame kretanja i energetske dijagrame) fizikalnih sadržaja i procesa.

Izveštava o rezultatima svoga rada na način koji je prikladan karakteristikama ciljne publike, pri čemu je komuniciranje ideja potkrijepljeno čvrstim naučnim argumentima.

## KLJUČNI SADRŽAJI

Svi sadržaji predviđeni za izučavanje u drugom razredu srednje škole.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Eksperimentalni metod

Svi učestvuju u eksperimentalnim istraživanjima i fizičkih pojava putem demonstracionih oglada, labaratorijskog ili projektnog rada: Provjera zakonitosti kod gasnih izoprocesa, Određivanje specifičnoga toplotnog kapaciteta kalorimetrom, Zavisnost perioda matematičkog klatna o dužini klatna, Mjerenje koeficijenta površinskog napona, Određivanje brzine zvuka u vazduhu, Mjerenje frekvencije zvuka – rezonancija vazdušnog stuba u staklenoj cijevi.

Ovu listu potrebno je shvatiti samo kao preporuku, koja može biti i proširena na osnovu procjene nastavnika i koja odražava jedan od mogućih konteksta za razvijanje učeničkih vještina korištenja eksperimentalnog metoda u nastavi fizike za drugi razred gimnazije.

Prilikom izvođenja eksperimenata iz kalorike potrebno je posvetiti posebnu pažnju na sigurnost eksperimentiranja sa toplotnim izvorima i podsticati izvođenje oglede sa lako pristupačnim materijalima.

### 2. Matematički metod

Potrebno je insistirati na metodičkom pristupu izradi fizikalnih zadataka: vizualizacija, fizikalna rasprava, kreiranje i implementacija matematičkog plana, kritički osvrt na rješenje zadatka.

Matematičko znanje koje se odnosi na rješavanje linearnih i kvadratnih jednačina treba razvijati i u ovom razredu, a također i znanja iz trigonometrije.

### 3. Ovladavanje komunikacijskim vještinama u kontekstu fizike

Potrebno je, u nastavi, kod uvođenja novih pojmova zahtijevati opis tih pojmova jezikom svakodnevnice, kako bi se uočile eventualne jezičke miskoncepcije i omogućio proces konceptualne promjene.

Treba insistirati na kombiniranju velikog broja različitih prikaza informacija i na aktivnostima prevođenja jednih prikaza u druge. Također, potrebno je pripremiti brojne prilike za komuniciranje o fizikalnim pojavama i procesima – bilo da se radi o diskutiranju o ishodima eksperimenta, prezentiranju seminarskog rada ili pisanju pripreme za eksperimentalni rad.

Prilikom komuniciranja ideja o toplotnim pojavama treba ohrabrivati skiciranje p-V dijagrame i energetskih dijagrama.

## Srednje obrazovanje – Fizika, jedna godina podučavanja

### ► Srednje ► I.

#### Godine učenja i podučavanja predmeta: 4

#### A

#### PRIRODA FIZIKE I NAUČNI METOD

##### A.I.1

Tumači prirodu fizike i analizira njen historijski razvoj.

Analizira historijski razvoj fizike (npr. kroz etape normalne nauke, krize nauke i naučne revolucije) i njen značaj za formiranje slike svijeta.

Tumači fiziku kao jednu vrstu društvene aktivnosti u okviru koje jednako bitne uloge imaju logičko razmišljanje i kreativnost.

Povezuje razvojnost znanja fizike sa korištenjem modela u fizici.

Analizira mjesto fizike u hijerarhiji nauka.

Razlikuje redukcionistički i holistički pristup u nauci.

##### A.I.2

Primjenjuje naučne metode, reprezentacije i tehnologije, te procjenjuje istraživački rad u fizici.

Izvršava osnovne operacije nad vektorima u kontekstu rješavanja fizikalnih zadataka.

Koristi osnovni matematički aparat algebre i geometrije u kontekstu rješavanja fizikalnih zadataka.

Prikuplja i obrađuje podatke koristeći raznovrsne izvore i tehnologije

Izvršava mjerenja i obrađuje greške mjerenja.

Predstavlja podatke/relacije koristeći se različitim reprezentacijama (npr. tabelarno, analitički, grafički).

#### KLJUČNI SADRŽAJI

Predmet proučavanja fizike i metode, posmatranje, model, hipoteza, eksperiment, teorija, fizikalne veličine i mjerne jedinice, skalarne i vektorske veličine, greške pri mjerenju.

#### PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

U osnovnoj školi se o prirodi i metodama fizike po prvi put eksplicitno uči u sedmom razredu osnovne škole, a od nastavnika/ca se očekuje da tokom cjelokupnog osnovnoškolskog obrazovanja kreira situacije koje zahtijevaju primjenu stečenih kompetencija. U gimnaziji se očekuje razvijanje dubljeg razumijevanja prirode fizike i intenzivnije korištenje matematičkog aparata. Treba imati u vidu da se i gimnazijskoj nastavi fizike pristupa sa brojnim miskoncepcijama o prirodi fizikalnog znanja (npr. “znanje fizike se više ne razvija i skup je neuvezanih činjenica”), o istraživanjima u fizici (npr. “fizikalno istraživanje mora sadržavati i eksperiment”, “postoji istraživački algoritam kojeg koriste svi fizičari”), o mogućnostima fizike (npr. “fizika može riješiti sve probleme čovječanstva”, “fizika nije uopšte povezana sa svakodnevnicom”) i terminologijom fizike (npr. “hipoteza je nagađanje” ili miješanje zapažanja i zaključaka).

Preporučuje se eksplicitno, tj. direktno poučavanje o prirodi fizike kroz koje treba napraviti osvrt na sve gore navedene kategorije miskoncepcija. Pri tome je poželjno u nastavu uključiti odgovarajuće primjere iz historije fizike, kao i aktivnost refleksivnog promišljanja o situacijama koje mogu aktivirati miskoncepcije. Potrebno je razvijati u kompetencije u oblasti dizajniranja i evaluiranja fizikalnih istraživanja, te naučnog pristupanja interpretaciji podataka i dokaza. Naročitu pažnju valja posvetiti značaju kontroliranja varijabli. U tom smislu se preporučuje u ovoj, ali i svim ostalim tematskim cjelinama u gimnazijskom obrazovanju, uključivati zadatke koji nalikuju PISA zadacima koji provjeravaju epistemološko znanje fizike. Jako korisna aktivnost može se sastojati i u dubinskom evaluiranju manjeg broja planova istraživanja i izvještaja o provedenim istraživanjima, pri čemu treba evaluirati kako primjere dobre, tako i primjere loše prakse.

Kada je u pitanju korištenje matematičkog metoda, treba imati u vidu da većina prvobitno ne razumije svrhu korištenja vektora, niti zna vršiti operacije sa vektorima. Potrebno je u naučiti da razlikuje vektor, intenzitet vektora (uvijek pozitivan skalar) i komponentu vektora (skalar koji može biti i negativan). Također, često se ne razumije ni pojam funkcije i postoji problem prelaska sa tipičnih matematičkih notacija u kojima je  $x$  obično nezavisna varijabla, na fizikalne notacije u kojima je  $x$  često zavisna varijabla. Sve navedene poteškoće preporučivo je rješavati kroz rješavanje pažljivo odabranih zadataka u kontekstu fizike (npr. verbalno interpretiranje  $x(t)$  grafa). Kada je u pitanju trigonometrijska funkcija, dovoljno je zadržati se na definiciji i primjeni osnovnih trigonometrijskih funkcija.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Postoje mogućnosti kreiranja poveznica sa predmetima iz oblasti prirodnih nauka po pitanju tematike “prirode prirodnih nauka” i naučnog metoda. Tu je potrebno obezbijediti konzistentno korištenje terminologije (npr. hipoteza, model, teorija) u različitim predmetima. Postoje i značajne poveznice sa Matematikom, po pitanju korištenja vektora i elementarnih funkcija.

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Unutar ove oblasti moguće je razvijati stavove o fizikalnim teorijama kao kulturnom blagu najvišeg ranga, te kritički razmatrati utjecaj razvoja fizike na sliku svijeta i kvalitet življenja. U tom smislu treba razvijati uvažavanje za različite perspektive u poimanju materije, pojava i procesa (npr. fizikalna, umjetnička, vjerska perspektiva). Osim toga, priliku za kritičko razmišljanje nude i aktivnosti procjenjivanja planova istraživanja i izvještaja o provedenim istraživanjima. Također je moguće razvijati svijest o činjenici da se objektivnost u fizici u velikoj mjeri obezbjeđuje kroz korištenje matematičkog aparata.

## B MEHANIKA

### B.1.1 Istražuje pravolinijsko i kružno kretanje

Eksperimentalno istražuje i opisuje zakon puta kod pravolinijskog kretanja.

Eksperimentalno istražuje i tumači ravnomjerno kružno kretanje koristeći se klasičnim i/ili modernim tehnologijama (npr. digitalna video analiza stola za rulet).

	<p>Analizira vezu među različitim kinematičkim veličinama i utvrđuje njihove mjerne jedinice.</p> <p>Kreira različite reprezentacije (npr. dijagram kretanja, tabela, grafikon, formule) za predstavljanje zakonitosti. pravolinijskog, i kružnog kretanja tijela, te uspostavlja veze između različitih reprezentacija.</p>
<p>B.I.2</p> <p>Istražuje oscilatorno i talasno kretanje</p>	<p>Opisuje oscilatorno kretanje primjenjujući analogiju između veličina koje karakterišu kružno i oscilatorno kretanje.</p> <p>Opisuje nastanak i vrste talasa.</p> <p>Prepoznaje transversalni talas u prostoru i u x,t dijagramu, graficki predstavlja amplitudu, talasnu dužinu i period talasa.</p> <p>Analizira vezu između talasne dužine, frekvencije i brzine prostiranja talasa.</p> <p>Istražuje primjenu talasa (stojeći talas kod zvuka).</p>
<p>B.I.3</p> <p>Opisuje međudjelovanje tijela i vrste međudjelovanja tijela</p>	<p>Na primjerima iz svakodnevnog života objašnjava pojam inercije i povezuje ga sa masom tijela.</p> <p>Primjenjuje Newtonove zakone kod rješavanja jednostavnih problema (impuls, određivanje sile, mase i ubrzanja tijela).</p>
<p>FIZ-1.2.2</p>	<p>Eksperimentalno i grafički određuje rezultantu sila (paralelne, okomite i antiparalelne sile).</p> <p>Povezuje elastičnu silu s deformacijom opruge.</p> <p>Razlikuje dinamičku i statičku silu trenja.</p> <p>Identifikuje i opisuje primjenu sila u kontekstu svakodnevnice (sila trenja, centripetalna sila...).</p>

## KLJUČNI SADRŽAJI

Prostor i vrijeme, pravolinijsko kretanje(gibanje), ravnomjerno kretanje po kružnici , harmonijsko oscilovanje i talasi, amplituda, frekvencija, period, talasna dužina

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline– metodičke smjernice

U osnovnoj školi, se o osnovama kinematike po prvi put uči početkom osmog razreda a o oscilacijama i talasima u devetom razredu. U stručnim školama se u većoj mjeri uvažava vektorska priroda pojedinih kinematičkih veličina, a osim pravolinijskog, izučavaju se i kružna i oscilatorna kretanja i talasi. Međutim, i u srednjoškolskoj nastavi treba uzimati u obzir miskoncepcije o kinematičkim pojmovima (npr. “ubrzanje je isključivo povezano sa promjenom intenziteta brzine”, “negativno ubrzanje mora značiti da intenzitet brzine postaje manji”) i grafovima (npr. shvatanje grafa kao “slike kretanja”), kao i poteškoće u izražavanju (npr. miješanje intervala i trenutka, te korištenje pojma “početnog trenutka”).

Radi prevazilaženja pomenutih poteškoća preporučuje se kombiniranje velikog broja reprezentacija: riječi, crteža (dijagrama kretanja), grafikona i formula. Jednostavni demonstracioni i laboratorijski ogledi mogu biti od velike koristi za shvatanje prirodnih zakonitosti, nakon kojih se može od tražiti da se za dijagram kretanja skicira odgovarajući grafikon. Sve ove aktivnosti potrebno je obavezno popratiti intenzivnim

verbalnim objašnjenjima. Kada je u pitanju kretanje u dvije dimenzije potrebno ga je glatko nadovezati na pravolinijska kretanja, pažljivim uvođenjem principa nezavisnosti kretanja.

U stručnim školama nije neophodno uvoditi dinamičke veličine, poput restitusione ili centripetalne sile, nego bi se pri tumačenju trebalo zadržati u granicama kinematičkih veličina. Takođe se preporučuje organizacija demonstracionih oglada pri kojima bi se učenici aktivno uključili u mjerenje veličina i izvođenje zaključaka.

## 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Postoji mogućnost kreiranja značajnih poveznica sa predmetom Matematika, posebno po pitanju korištenja kvadratne funkcije. Preporučuje se kreiranje plana korištenja pomenutih funkcija u fizici u uskoj suradnji sa predmetnim nastavnikom/com matematike.

## 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Ova tematska cjelina može značajno doprinijeti razvijanju čitalačke pismenosti, kroz podsticanje povezivanja i kombiniranja različitih načina predstavljanja informacija (npr. tekst i grafikone).

B.I.4 Primjenjuje znanje o gravitacionom međudjelovanju tijela	Primjenjuje Newtonov zakon gravitacije radi objašnjavanja slobodnog pada u Zemljinom gravitacionom polju. Tumači i određuje težinu tijela. Tumači pojam polja i jačine polja u kontekstu gravitacionog međudjelovanja. Kreira dijagram kretanja projektila u Zemljinom gravitacionom polju. Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o vještačkim i prirodnim satelitima.
B.I.5 Analizira različite forme i pretvorbe energije primjenjujući zakone održanja	Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o različitim vrstama izvora energije. Tumači formule za kinetičku i potencijalnu energiju (gravitacionu i elastičnu). Analizira veze i odnose između sile, energije, rada i snage te koeficijent korisnog djelovanja. Eksperimentalno istražuje zakone očuvanja u kontekstu slobodnog pada tijela.
B.I.6 Istražuje i primjenjuje osnovne zakonitosti statike fluida	Primjenjuje pojam pritiska i potiska radi objašnjavanja problema u kontekstu svakodnevnice. Razlikuje vrste pritisaka. Primjenjuje Pascalov zakon za objašnjenje rada hidrauličnih mašina (npr. hidraulična presa). Prikuplja i kritički razmatra informacije o primjenama zakonitosti statike fluida u svakodnevnici i tehnici (npr. podmornica, hidraulične kočnice).
FIZ-1.3.3	
KLJUČNI SADRŽAJI	

Njutnovi zakoni, masa, impuls, elastična sila, sila trenja, centripetalna sila, Njutnov zakon gravitacije, gravitaciono polje, težina tijela, mehanička energija i rad, snaga, stepen korisnog djelovanja, održavanje ukupne mehaničke energije, impulsa

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline– metodičke smjernice

O poveznici sile i kretanja, te o gravitacionim pojavama, se već učilo u osmom razredu osnovne škole.

Međutim, treba imati na umu da i u srednjoj školi, mnogi miješaju silu sa energijom i snagom, te vjeruju da silom mogu djelovati samo živa tijela. Kada je u pitanju III Newtonov zakon, treba paziti da se ne razviju ideje da sila akcije i reakcije djeluju na isto tijelo, te im objasniti da veća tijela i manja tijela međudjeluju istom silom, ali su efekti tog međudjelovanja različiti, zbog različitih masa tijela. Kada je u pitanju kružno kretanje, bitno je da učenici prepoznaju da centripetalna sila nije nikakva zasebna vrsta sile; to je rezultujuća sila koja djeluje prema centru krivine. Kada je u pitanju gravitaciona sila, mnogi njenu pojavu povezuju isključivo sa djelovanjem Zemlje.

Poželjno je naučiti identificirati sile koje djeluju na tijela i crtati odgovarajuće dijagrame sila. Pri tome je preporučivo uvesti pojam sistema i okoline, te za početak tijelo čije kretanje analiziramo posmatrati kao sistem, a sve ostalo kao okolinu. Sile koje se pojavljuju na granici sistema i okoline su onda kontaktne sile, koje treba razlikovati od sila koje djeluju “na daljinu”. Što se tiče različitih vrsta sila, pojedine vrste sila se mogu okvirno uvesti i prije njihovog dubljeg razmatranja (npr. elastična i gravitaciona). Nakon što se razvije vještina identificiranja sila, potrebno je kreirati poveznicu sa pojmom kretanja. Vjerovanje da kretanja može biti samo ako ima i djelovanja sile, treba zamijeniti vjerovanjem da promjene kretanja, tj. promjene brzine, ima samo ako ima i djelovanja sile. Kada je u pitanju kretanje satelita, kroz različite primjere treba pokušati objasniti da se sateliti nalaze u stanju sličnom slobodnom padu, ali se ne približavaju Zemljinoj površini jer se istom brzinom kojom oni padaju i Zemljina površina zakrivljuje.

Ključna nadogradnja i produbljivanje znanja u nastavi odnosi se na dublji opis pojma fizikalnog, u ovom slučaju gravitacionog, polja.

Konceptualni okvir učenja o energiji je sličan kao i u osnovnoj školi, te uključuje vrste energije, transformacije energije, degradaciju energije i očuvanje energije. Očekuje se sistematska primjena zakona očuvanja energije, impulsa, te da razumijevanje veze između zakona o očuvanju energije i teorema o energiji i radu.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je ostvariti značajne poveznice sa nastavom Biologije i Tjelesnog odgoja, Hemijom, Geografijom (npr. kretanje Zemlje oko Sunca, GIS, rijeke) i Historijom (npr. razvoj astronomije).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Moguće je iz fizikalne perspektive prodiskutovati određene aspekte sigurnosti u saobraćaju (npr. značaj držanja odstojanja, korisnost air-baga), ali i određene situacije iz sporta (npr. ublažavanje pada u džudu). Digitalne kompetencije se mogu unaprijediti kroz razmatranje GIS-a. Moguće je odgojno djelovati u smjeru razvijanja životnih navika koje pogoduju očuvanju životne okoline. To se primjerice može postići kroz razvijanje svijesti o značaju štednje energije i korištenje alternativnih izvora energije (npr. rasprava o energetske klasama različitih uređaja).

#### B.I.7

Analizira strujanje fluida i kretanje tijela kroz fluid

Tumači osnovne pojmove dinamike fluida (npr. strujna cijev, strujna linija, protok, dinamički pritisak, visinski pritisak, viskoznost, otpor sredine).

Razlikuje laminarno i turbulentno strujanje.

Opisuje kretanje fluida pomoću Bernulijeve jednačine i/ili jednačine kontinuiteta.



Prikuplja i kritički procjenjuje informacije o primjenama zakonitosti dinamike fluida u svakodnevnicima i tehnici (npr. vodosnabdijevanje, avioni, izvođenje slobodnog udarca u fudbalu).

## KLJUČNI SADRŽAJI

Pritisak, Paskalov zakon, hidrostatički pritisak, potisak, Archimedesov zakon, atmosferski pritisak, protok, jednačina kontinuiteta, Bernoullijeva jednačina i viskoznost

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

O statički fluida prvi put se uči u osmom razredu osnovne škole, primarno na konceptualnom nivou. U stručnoj školi se očekuje da se počne učiti o zakonitostima koje vrijede za strujanje fluida. Međutim, i u srednjoj školi se teško prihvata činjenica da pritisak u fluidima djeluje na sve strane podjednako, te se pogrešno vjeruje da je sila potiska veća što je tijelo manje uronjeno u tečnost. Također, prilikom određivanja apsolutnog pritiska, nerijetko se zaboravljaju uvažiti i doprinos atmosferskog pritiska. Kada je u pitanju dinamika fluida, često se zaboravlja da je Bernoullijevu jednačinu jedino dozvoljeno primjenjivati za poređenje pritisaka/brzina duž jedne te iste strujne linije.

Kroz misaoni eksperiment (npr. uho na istoj dubini, ali različito orijentirano) potrebno razviti svijest da pritisak djeluje na sve strane podjednako. Nakon demonstriranja i izvođenja izraza za hidrostatički pritisak i silu potiska, treba pripremiti niz prilika za primjenu stečenog znanja.

Kada je u pitanju dinamika fluida, potrebno je prilikom njenog izvođenja konzistentno razmatrati odnos datog sistema (elementa fluida) i okoline. Ubrzanje fluida kroz uski dio cijevi treba povezati sa II Newtonovim zakonom, tj. sa silom koja u ovom slučaju proističe iz razlike pritisaka između šireg i užeg dijela cijevi. Zatim treba insistirati na primjeni Bernoullijeve jednačine u brojnim kontekstima, pri čemu treba obratiti pažnju da se ona isključivo koristi za poređenje brzina/pritisaka duž jedne te iste strujne linije. Kada je u pitanju viskoznost, izričito se preporučuje primjena i uvođenje znanja u kontekstu fizike ljudskog organizma.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je ostvariti značajne poveznice sa nastavom Biologije (npr. poređenje krvnog pritiska kod čovjeka i žirafe; opasnost začepljenja krvnih sudova) i Geografije (npr. rijeke).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Moguće je ukazati na potencijalne opasnosti do kojih može doći prilikom ronjenja, ali i prodiskutovati neke druge efekte po zdravlje čovjeka koji su posljedica promjene nadmorske visine. Također postoji značajan prostor za razvijanje kreativno-produktivne i poduzetničke kompetencije u okviru implementacije projekata (npr. izrada modela podmornice, hidraulične kočnice, sistem vodosnabdijevanja).

## C

## MOLEKULARNA FIZIKA I TERMODINAMIKA

### C.I.1

Povezuje agregatna stanja sa temperaturom i unutrašnjom energijom.

Eksperimentalno istražuje (npr. kroz virtuelni eksperiment) i tumači zakone koji vrijede za izoprocese i adijabatske procese.

Istražuje molekularne pojave u gasovima

Primjenjuje različite reprezentacije gasnih zakona (npr. grafikoni ili formule) radi rješavanja fizikalnih problema.

Prikuplja i kritički procjenjuje mogućnosti primjene jednačine stanja idealnog gasa u raznovrsnim kontekstima (npr. disanje kod čovjeka, princip šprice).

C.I.2

Kombinuje temeljne zakone termodinamike u raznovrsnim kontekstima

Razlikuje termodinamička stanja i procese.

Kombinuje znanje I i II zakona termodinamike za tumačenje toplotnih pojava.

Grafički predstavlja i analizira ovisnost temperature o dovedenoj ili odvedenoj količini toplotne energije tokom vremena.

Istražuje primjenu zakona TD u kontekstu svakodnevnice.

## KLJUČNI SADRŽAJI

Građa tvari i osnove molekularno-kinetičke teorije, temperatura, unutrašnja energija i brzine molekula, idealan plin, pritisak idealnog plina, opća jednačina stanja idealnog plina, izoprocesi, termičko širenje tijela, osnovni pojmovi termodinamike, fazni prijelazi, rad plina, I zakon termodinamike, II zakon termodinamike.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

U osmom razredu osnovne škole prvi put unutar nastave fizike uči se o modelu građe tvari. U nastavi u srednjoj školi očekuje se dodatno produbljivanje znanja o građi tvari (npr. dublje razmatranje međučestičnih veza), te da tako nadograđen model primjene kod razmatranja pojava u čvrstim tijelima, tečnostima i gasovima. Pokazuju se poteškoće sa razumijevanjem pojma mola; nerazumijevanje da prilikom rasprave o količini tvari uvijek moramo specificirati na koju vrstu čestica se odnosi (npr. 1 g vodika sadrži 1 mol atoma vodika, ali 0.5 molova molekula vodika). Osim toga, često se ne razumiju dobro razlike između idealnog i realnog gasa.

Nužno je najprije predočiti zorne vizuelne modele koji ilustriraju kretanja, rastojanja i međudjelovanje čestica u čvrstim tijelima, tečnostima i gasovima. U tom kontekstu je onda potrebno uvesti temeljne pojmove molekularno-kinetičke teorije i pružiti učenicima priliku da ih koriste u što većem broju situacija.

Molekularne pojave u tečnostima i gasovima pogodne su za demonstriranje oglada sa lako pristupačnim materijalima i virtuelnim ogledima.

Preporučuje se uvođenje I zakona termodinamike kroz ukazivanje na ograničenja teorema o energiji i radu; ako uz makroskopsku mehaničku energiju uvedemo i unutrašnju energiju, potrebno je uz radnu interakciju uvesti i toplotnu interakciju sistema sa okolinom kao način promjene energije sistema.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće su poveznice sa Biologijom (npr. disanje kod čovjeka, hlađenje znojenjem), Hemijom (npr. međučestične veze kod promjene agregatnih stanja), Historijom (npr. društveno-historijske posljedice pojave toplotnih mašina), Geografijom (npr. meteorološke pojave i fizika atmosfere).

### 3. 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Na primjeru historijskog razvoja modela građe tvari moguće je razvijati svijest o naučnim modelima kao kulturnom blagu najvećeg ranga, te o značaju kritičkog razmišljanja i otvorenosti uma za razvoj naučne misli, a time i čovječanstva. Moguće je ostvariti odgojno djelovanje kada je u pitanju razvijanje stavova o efektima

razvoja, nauke i tehnologije na ljudsko društvo (ti efekti mogu biti pozitivni, ali u isto vrijeme i negativni). Također, moguće je razvijati svijest o efektu staklene bašte, globalnom otopljavanju i načinima čuvanja okoliša (npr. štednja energije). Moguće je razvijati kreativno-produktivnu i poduzetničku kompetenciju kroz implementaciju projekata (npr. razvoj motora na topli vazduh; Stirlingov motor).

## D

### ELEKTRICITET I MAGNETIZAM

#### D.1.1

Sastavlja i istražuje strujna kola istosmjerne struje

Uspoređuje modele i efekte provođenja električne struje kroz čvrsta tijela, tečnosti i gasove.

Identificira sličnosti i razlike između poluprovodnika, provodnika i izolatora, polazeći od modela građe tvari.

Sastavlja strujno kolo u skladu sa zadanom shemom ili crta shemu, koristeći Ohmov zakon.

Eksperimentalno istražuje i opisuje naponsko-strujnu karakteristiku provodnika.

Prikuplja i kritički procjenjuje primjene strujnih kola istosmjerne struje u raznovrsnim kontekstima.

#### D.1.2

Istražuje naizmjeničnu struju i njihovu primjenu u praksi

Analizira konceptualne razlike između istosmjerne i naizmjenične struje, uključujući i mehanizme njihovog dobijanja.

Tumači značenje frekvencije i efektivne vrijednosti naizmjenične struje.

Primjenjuje naizmjeničnu struju u praksi.

Objašnjava opasnosti pri rukovanju s električnom strujom uz navođenje vrijednosti napona i struje opasnih za ljudski život.

### KLJUČNI SADRŽAJI

Električna struja, gustoća struje, Ohmov zakon, strujni krug, naizmjenična (izmjenična) struja, generatori i elektromotori, transformatori, mreže naizmjenične struje, mjerenje naizmjenične struje

### PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

#### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

U devetom razredu osnovne škole uči se o istosmjernoj električnoj struji. U srednjoj školi se očekuje da se u većoj mjeri uči o protjecanju električne struje kroz tečnosti, gasove i poluprovodnike. Međutim, i u srednjoj školi se često ispoljavaju miskonceptije o električnoj struji; npr. mnogi vjeruju da je baterija izvor elektrona i da jedna te ista baterija "daje" uvijek istu jačinu struje, bez obzira na kakvo kolo se spoji. Osim toga, često se vjeruje da se jačina struje troši prilikom protjecanja kroz uređaje, te vjeruju da lokalne modifikacije kola ne utječu na ostatak kola.

Preporučuje se prvo na primjeru jednostavnog kola dodatno utvrditi i produbiti znanje o temeljnim veličinama kao što su jačina struje, napon i električni otpor. Radi funkcionalnosti znanja u praksi bitno je tumačiti i pojam električne snage, npr. značenje da je snaga sijalice 100 W.

Preporučuje se pojam naizmjenične struje i ključne veličine koje ga opisuju uvesti najprije u kontekstu jednostavnog kola koje uključuje samo termogeni otpor. Zatim se može uvesti pojam transformatora, te istaknuti značaj transformatora za sistem snabdijevanja električnom energijom. U nastavku se preporučuje

razmatranje električnih kola u kontekstu domaćinstva, kao i tematika zaštite od strujnog udara i pružanja pomoći unesrećenom; u tom kontekstu se može kreirati poveznica između naizmjenične struje i istosmjerne struje koja se u konačnici koristi kod većeg broja uređaja (npr. kod računara). Najzad, preporučivo je pažnju posvetiti konceptualnom značenju kapacitivnog i induktivnog otpora

Za efikasno učenje ove oblasti, a posebno za učenje o poluprovodnicima, od ključnog je značaja da učenici prethodno uče o hemijskim vezama u čvrstim tijelima, energiji jonizacije i molekularno-kinetičkoj teoriji.

## 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Radi boljeg razumijevanja protjecanja električne struje kroz različite materijale, od ključnog je značaja kreirati poveznice sa modelom građe tvari koji se između ostalog razvija i kroz predmet Hemija. Također je moguće kreirati poveznice i sa predmetom Historija (npr. utjecaj izuma u oblasti električne struje na razvoj društva). Moguće je kreiranje poveznice sa Biologijom (npr. biološki efekti električne struje).

## 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Moguće je značajno odgojno djelovanje po pitanju prevencije i zaštite od strujnog udara, kao i osnova pružanja pomoći unesrećenom. Osim toga, moguće je razvijati i svijest o utjecaju razvoja znanja o električnoj struji na društveni razvoj. Tematika električnih auta može poslužiti za diskusiju o mogućnostima zaštite okoliša.

# E

## OPTIKA I MODERNA FIZIKA

### E.I.1

Analizira razvoj ideja o prirodi svjetlosti i primjenjuje različite teorije za objašnjenje fizikalnih pojava

Analizira historijski razvoj ideja o prirodi svjetlosti i njihov značaj za razvoj moderne slike svijeta.

Eksperimentalno istražuje i opisuje boje tijela uzimajući u obzir talasnu prirodu svjetlosti.

Objašnjava pojavu fotoelektričnog efekta koristeći se predodžbama o korpuskularnoj prirodi svjetlosti.

### E.I.2

Objašnjava različite modele atoma i procjenjuje primjene nuklearne fizike

Tumači građu atoma.

Opisuje atom u osnovnom i pobuđenom stanju.

Tumači građu jezgra.

Tumači prirodu radioaktivnog raspada i razlikuje alfa, beta i gama zračenja.

Piše i tumači jednostavne nuklearne reakcije polazeći od periodnog sistema elemenata i zakona očuvanja.

Istražuje značaj nuklearne energije i utjecaj radioaktivnog zračenja na žive organizme.

## KLJUČNI SADRŽAJI

Priroda svjetlosti, boje i prozirnost tijela, fotoelektrični efekat, modeli atoma, energetske nivoe, kvantni brojevi, građa atomske jezgre, radioaktivnost, nuklearne reakcije, fisija, fuzija, primjena nuklearne energije

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Mogućnosti efikasnog učenja i poučavanja tematske cjeline – metodičke smjernice

Mnogi ne uspijevaju povezati svjetlost sa prenošenjem energije. Kada je u pitanju fotoefekat, potrebno je zakonitosti fotoefekta istražiti kroz virtuelni eksperiment. Pri tome je jako bitno i dobro shvatiti sve aspekte eksperimentalne postavke (npr. funkciju baterije). Pojam izlaznog rada može se zorno prikazati i kroz neke fizičke modele (npr. izbijanje optika iz manje ili više dubokih posuda). Kada je u pitanju nuklearna fizika često se smatra da radioaktivni raspad dovodi do nestanka jezgra, umjesto do njegove transformacije. Također, mnogi vjeruju da nakon dva vremena poluraspada nestaju sva jezgra.

### 2. Mogućnosti ostvarivanja međupredmetne povezanosti – međupredmetne korelacije

Moguće je kreiranje poveznica sa Biologijom (npr. efekti nuklearnog zračenja na ljudski organizam), sa Informatikom (npr. prenos informacija optičkim kablovima) i Matematikom (geometrija).

### 3. Mogućnosti odgojnog djelovanja i razvoja ključnih kompetencija – kompetencijski pristup

Ova oblast nudi dobar kontekst za upoznavanje sa zakonskom regulativom u oblasti jonizujućeg zračenja. Moguće je kod razvijati svijest o prednostima (npr. nuklearna energija; nuklearna medicina) i opasnostima razvoja fizike (npr. nuklearna bomba; nuklearne nesreće u Fukushimi i Chernobylu). Izučavanje date tematske cjeline kroz historijsku perspektivu doprinosi razvijanju svijesti o tome kako se slika svijeta mijenjala tokom vremena, te nam govori o prirodi čovjekovog pogleda na svijet općenito. Kroz razmatranje alternativnih teorija o nastanku i evoluciji Svemira (npr. Teorija stalnog stanja) moguće je podsticati i razvoj kritičkog razmišljanja.

## A

### Priroda fizike i naučni metod

#### A.I.1

Primjenjuje eksperimentalni metod u kontekstu fizike.

Provodi samostalno eksperimentalna istraživanja otvorenog tipa: identifikuje predmet istraživanja, prikuplja relevantne podatke, kreira modele, bira metode istraživanja, te analizira i prezentira rezultate istraživanja.

Računa i analizira mjerne pogreške.

Evaluiira izbor eksperimentalnih metoda polazeći od procjene nedostataka eksperimentalne postavke i poteškoća u mjerenju.

Predlaže poboljšanja u dizajnu eksperimenta.

Prikuplja i obrađuje podatke koristeći se modernim tehnologijama (npr. software za obradu podataka, digitalna videoanaliza, senzori).

#### A.I.2

Primjenjuje matematički metod u kontekstu fizike.

Izvršava operacije nad vektorima (slaganje, razlaganje, množenje vektora skalarom, skalarni i vektorski proizvod dva vektora) u kontekstu opisivanja i rješavanja fizikalnih problema.

Rješava kontekstualno bogate probleme, te općenito probleme koji zahtijevaju kombinovanje većeg broja relacija.

Kritički se odnosi prema postavci i rješenju problema, te razlikuje relevantne od irelevantnih informacija.

Izvodi opći (simbolički) izraz za nepoznatu fizičku veličinu.

Predlaže vlastita rješenja fizikalnih problema.

A.I.3

Primjenjuje komunikacijske vještine u kontekstu fizike.

Objašnjava prirodne pojave, međudjelovanja i procese pozivajući se na osnovne principe fizike i koristeći vokabular fizike.

Diskutuje i evaluira određena naučna rješenja u specifičnim primjenama (korist za društvo, ekonomiju, politiku, ekologiju i sl.)

Koristi raznovrsne tehnologije u sakupljanju, obradi i predstavljanju informacija.

Tumači i koristi raznovrsne metode izražavanja (riječi, crteži, grafikoni, tabele, matematički izrazi, makete, simulacije, video-snimci) i oblasno-specifične reprezentacije (model svjetlosne zrake, fazori) fizikalnih sadržaja i procesa.

Izveštava o rezultatima svoga rada na način koji je prikladan karakteristikama ciljne publike, Uz adekvatnu naučnu argumentaciju.

Kod kreiranja pisanih radova, na prikladan način citira i popisuje izvore informacija.

## KLJUČNI SADRŽAJI

Svi sadržaji predviđeni za izučavanje u prvom razredu.

## PREPORUKE ZA OSTVARENJE ISHODA

### 1. Eksperimentalni metod

Svi učestvuju u eksperimentalnim istraživanjima fizikalnih pojava putem demonstracionih oglada, labaratorijskog ili projektnog rada: Ravnomjerna i promjenjiva kretanja npr. preko senzora pokreta), Provjera drugog Newtonovog zakona, Određivanje ubrzanja Zemljine teže kod slobodnog pada, Mjerenje koeficijenta statičkog i dinamičkog trenja, Provjera zakona održanja energije i impulsa.

Ovu listu potrebno je shvatiti samo kao preporuku, koja može biti i proširena na procjenu nastavnika i koja odražava jedan od mogućih konteksta za razvijanje učeničkih vještina korištenja eksperimentalnog metoda u nastavi fizike za prvi razred gimnazije.

Prilikom izvođenja eksperimenata potrebno je posvetiti posebnu pažnju na sigurnost i podsticati da se izvode eksperimenti sa lako pristupačnim materijalima.

### 2. Matematički metod

Potrebno je inzistirati u granicama sa mogućnostima učenika na metodičkom pristupu izradi fizikalnih zadataka: vizualizacija, fizikalna rasprava, kreiranje i implementacija matematičkog plana, kritički osvrt na rješenje zadatka. Koristiti znanja o stečena u izučavanju matematike pri poučavanju o svim fizikalnim pojavama.

### 3. Ovladavanje komunikacijskim vještinama u kontekstu fizike

Potrebno je kod uvođenja novih pojmova u nastavi, zahtijevati opis tog pojma jezikom svakodnevnice, kako bi se uočile eventualne jezičke miskoncepcije i omogućio proces konceptualne promjene.

Potrebno je insistirati na kombiniranju velikog broja različitih prikaza informacija i na aktivnostima prevođenja jednih prikaza u druge. Također, potrebno je priuštiti brojne prilike za komuniciranje o fizikalnim pojavama i procesima – bilo da se radi o diskutiranju o ishodima eksperimenta, prezentiranju domaćeg rada ili pisanju pripreme za eksperimentalni rad.

# PK5 – Učenje i podučavanje

## Fizika - Učenje i podučavanje

U modernoj nastavi fizike treba težiti razvijanju učeničkog konceptualnog razumijevanja o prirodnim pojavama, ali i osposobljavanju korištenja naučnog metoda i informacijsko-komunikacijske tehnologije (IKT). Posebno mjesto pri tome pripada razvijanju vještine interpretiranja podataka dobijenih istraživanjima, te evaluiranju naučnih argumenata i dokaza, općenito.

Također je značajno da kroz nastavu Fizike i odgojno djelujemo na učenike/ce, te da im pomognemo u razvijanju ključnih kompetencija i umrežavanju znanja iz različitih predmeta u jednu funkcionalnu cjelinu. Pri tome je potrebno individualizacijom i diferencijacijom prilagoditi nastavu potrebama, sposobnostima i interesima grupe, ali i samog pojedinca, tako da svi u što većoj mjeri ostvare svoj potencijal.

## Razvijanje konceptualnog razumijevanja o prirodnim pojavama

Neovisno o nivou obrazovanja, poželjno je da učenje fizike bude situirano u zorne kontekste kako bi se omogućilo na što efektivniji način razvijanje konceptualnog razumijevanja o fizikalnim pojavama. U idealnom slučaju gradivo se situira u eksperimentalne kontekste koji omogućavaju fizikalnu interakciju sa ispitivanom pojavom. Međutim, ukoliko ne postoji mogućnost za direktnom fizikalnom interakcijom (npr. nemoguće je provesti ogled sa lako pristupačnim materijalom, a u školi ne postoji specijalizirana oprema), zorno iskustvo sa pojavom se može steći i kroz video snimke eksperimenata, virtualne eksperimente (simulacije) ili kroz predstavljanje misaonih eksperimenata. Nakon pružanja prilike da se fizikalna pojava/zakoničnost spozna na iskustvenom nivou, potrebno je razgovarati o toj pojavi/zakoničnosti, te raditi na razvijanju unutarnjih vizuelnih predodžbi i uzročno-posljedičnih veza o ispitivanoj pojavi. Pri tome proces učenja može biti značajno olakšan korištenjem vanjskih vizuelizacija (maketa, slika, simulacija i sl). Nakon što se učenik/ca sa pojavom upozna kroz fizikalno iskustvo i stekne određenu vizuelnu predstavu o pojavi, moguće je pristupiti spoznavanju pojave na nivou apstraktnih reprezentacija poput fizikalnih formula i grafikona. U svim ovim fazama, učenik treba da ima aktivnu ulogu u procesu konstrukcije znanja, tj. da varira postavke eksperimenta/simulacije, izvodi zaključke o zakoničnostima, crtežima predstavlja svoje ideje, te tumači i koristi formule i grafike. Dakle, bitno je intenzivno razgovarati o fizikalnim objektima, reprezentacijama i pojavama.

Dalje, potrebno je imati u vidu da učenici/ce i prije formalnog, školskog učenja fizike razviju određene predodžbe o prirodnim pojavama, koje odstupaju od shvatanja zajednice fizičara. Te predodžbe nazivamo miskoncepcijama. Pošto su utemeljene na direktnom iskustvu učenika (npr. lakša tijela uvijek sporije padaju) one su duboko ukorijenjene i otežavaju učenje fizike. Zbog toga je u nastavi fizike nužno identificirati miskoncepcije i raditi na razvijanju fizikalno prihvatljivih gledišta. Moguće je npr. pomoću oglada suočiti učenike sa njihovim miskoncepcijama (tehnika kognitivnog konflikta), koristiti tehniku zamjene koncepata (npr. ne troši se jačina struje na sijalici, nego se „troši“ električna energija) ili primjenjivati pažljivo odabrane analogije.

## Razvijanje kompetencije za korištenje naučnog metoda

Za razvijanje znanja o prirodi fizike i učeničkih kompetencija za korištenje naučnog metoda naročito efektivna može da bude istraživačka nastava fizike. Kod istraživačke nastave neophodno je učenike/ce motivirati za učenje određene pojave (npr. kroz zanimljiv eksperiment), zatim pojavu dublje istraživati kroz grupni rad (strukturiran pomoću pažljivo pripremljenih radnih listova), izvještavati o rezultatima grupnog rada i uz pomoć



nastavnika izvesti ključne teorijske zaključke, te u konačnici primijeniti naučeno znanje u različitim kontekstima i procijeniti vlastiti napredak.

Ukoliko nije moguće organizirati samostalna učenička istraživanja, poželjno je da nastavnik/ca demonstrira istraživački proces, te da učenike-ce misaono uključi u proces otkrivanja novih spoznaja (npr. korištenjem tehnike „predvidi-promatraj-objasni“ kod izvođenja oglada). Svakako je pri tome frontalni rad prilikom kojeg nastavnik/ca demonstrira i izlaže nužno kombinirati sa individualnim radom u okviru kojeg se primjenjuje naučeno znanje u novim kontekstima.

Kada je u pitanju učenje o prirodi fizike, osim istraživačke nastave, bitna uloga pripada i povremenom eksplicitnom poučavanju o prirodi fizike, pri čemu kontekst historije fizike može biti izrazito produktivan.

Bitan aspekt naučnog metoda sastoji se i u korištenju matematičkog aparata u fizici. Vještinu korištenja matematičkog metoda moguće je razvijati kroz izvođenja i rješavanja računskih zadataka. Kada je u pitanju rješavanje računskih zadataka iz fizike, poželjno je u okviru svake nove oblasti sadržaja najprije modelirati rješavanje zadataka karakterističnih za tu oblast, demonstrirajući pri tome eksplicitno načine razmišljanja karakteristične za određenu oblast. Zatim se postepeno kontrola nad procesom rješavanja zadataka prebacuje na učenike/ce. Neovisno o oblasti fizike, treba razvijati naviku da rješavanje zadatka započnu vizualizacijom pojave, te da zatim pojavu intenzivno fizikalno prodiskutuju, prije nego identificiraju relevantne formule i provedu matematički postupak. Rješenje se obavezno treba prodiskutovati s obzirom na smislenost i fizikalne jedinice.

Osim računskih zadataka iz fizike, potrebno je konzistentno zadavati zadatke činjeničnog i konceptualnog tipa, kako bismo ravnomjerno razvijali činjenično, konceptualno i proceduralno znanje fizike. Za razvoj konceptualnog znanja bitne su cjelorzredne rasprave i intenzivna verbalizacija fizikalnih sadržaja, dok se proceduralno znanje može razvijati izradom računskih i eksperimentalnih zadataka, kao i projekata. Općenito je poželjno kombinirati raznovrsne tipove zadataka (npr. aproksimacijski zadaci, kontekstualno bogati zadaci i sl).

## **Korištenje informacijsko-komunikacionih tehnologija u nastavi fizike**

Učenje i poučavanje fizike, koje odgovara savremenom stanju u društvu, neizostavno uključuje upotrebu informacijsko-komunikacione tehnologije što je učenicima zanimljivo, a nastavnom procesu daje raznolikost i dinamičnost.

Korištenje različitih resursa informacijsko-komunikacijskih tehnologija, subjektima u nastavi omogućava kreativan, fleksibilan i inovativan pristup obrazovnom procesu što može olakšati prikupljanje, obradu i prezentiranje podataka. Pored toga, može pomoći u vizualizaciji fizikalnih pojava, te omogućiti efektivnije komuniciranje s učenicima i prikupljanje povratnih informacija o procesu učenja.

Nastavnik/ca ima punu autonomiju pri strukturiranju nastavnog sata i planiranju korištenja obrazovnih tehnologija, opreme i softvera za postizanje ishoda učenja.

## **Ostvarivanje međupredmetne povezanosti**

Fizika je fundamentalna prirodna nauka; poput ostalih prirodnih nauka, ona u svojoj biti ima proučavanje prirodnih pojava. Drugim riječima, iste prirodne pojave su predmet proučavanja različitih prirodnih nauka. One ih samo proučavaju iz različitih perspektiva, ali se često koriste istim ključnim pojmovima (npr. pojam energije i tvari) i istim naučnim metodama. Radi cjelovitijeg i funkcionalnijeg spoznavanja prirodnih pojava poželjno je nastavu prirodnih nauka koncipirati na način da se olakšava integriranje znanja (kako pojmova, tako i metoda) iz pojedinačnih disciplina.

Fizika ima i jako značajne poveznice sa Matematikom. Matematički metod je jedan od ključnih metoda za proučavanje fizikalnih pojava, a fizikalne pojave predstavljaju produktivan kontekst za konkretizaciju fizike.

Moguće je ostvariti poveznice Fizike i sa svim ostalim predmetima osnovnoškolskog i srednjoškolskog kurikulumu: Tjelesni i zdravstveni odgoj (npr. biomehanika, energija i prehrana), Filozofija (npr. fizika kao dio

filozofije prirode, razvoj ljudske misli), Muzička kultura (npr. akustika i muzički instrumenti), Bosanski jezik i književnost, Hrvatski jezik i književnost, Srpski jezik i književnost (npr. pisanje izvještaja o provedenim projektima, značenje termina u jeziku fizike i jeziku svakodnevnice), Psihologija (npr. elektroencefalografija), Tehnička kultura (npr. fizikalne osnove tehničkih uređaja), Geografija (npr. magnetno polje Zemlje), Historija (npr. uticaj razvoja fizike i tehnike na historijske tokove), Informatika (npr. korištenje informatičkih tehnologija u prikupljanju, obradi i analizi podataka), Likovna kultura (npr. simetrije u fizici i estetici), Vjeronauka (npr. tumačenje određenih vjerovanja/vjerskih praksi iz perspektive fizike).

Općenito, međupredmetno povezivanje moguće je ostvarivati kroz:

1. Implementiranje interdisciplinarnih projekata situiranih u autentične kontekste (npr. ljudski krvotok iz perspektive biologije ljudskog organizma i mehanike fluida). Ovaj način rada bi bilo najefektivnije provoditi kroz timsku nastavu u okviru projektnih sedmica, ali se uz pažljivo zajedničko planiranje može provoditi i u okviru klasične organizacije nastave.
2. Situiranje fizikalnih zadataka u autentične kontekste (tzv. kontekstualno bogati zadaci), koji uključuju sadržaje relevantne za veći broj predmeta.
3. Situiranje zadataka iz drugih prirodnih nauka i matematike u kontekste koji uključuju i sadržaje relevantne za fiziku.
4. Opis primjene obrađenih sadržaja fizike u drugim oblastima (npr. primjena znanja o obrtnom kretanju krutog tijela u kontekstu borilačkih vještina u nastavi Tjelesnog i zdravstvenog odgoja); najčešće u završnom dijelu časa.
5. Aktiviranje relevantnog znanja koje je ranije obrađeno u okviru drugih predmeta (npr. znanje o atomu iz Hemije, u okviru obrade atomske fizike); najčešće u uvodnom dijelu časa.

Kvalitet međupredmetnog povezivanja u velikoj mjeri ovisi o suradnji nastavnika/ca na planiranju i evaluiranju nastavnog procesa. Međupredmetne korelacije izdvojene u ovom kurikulumu mogu biti dobra osnova za iniciranje saradnje. Ponuđena lista mogućih međupredmetnih korelacija se može zamijeniti/dopuniti u skladu sa potrebama i interesima subjekata nastavnog procesa.

## **Odgojno djelovanje i ostvarivanje ključnih kompetencija**

Općenito, mogućnosti odgojnog djelovanja i ostvarivanja ključnih kompetencija posredstvom nastave Fizike primarno proističu iz korištenja eksperimentalnog metoda i projekata u nastavi Fizike.

Konkretno, kroz provođenje aktivnosti promatranja, opisivanja i diskusije rezultata eksperimenata, uči se objektivnosti (npr. subjektivni i objektivni osjećaj temperature), te razvijanju moći zapažanja (npr. uočavanje promjena) i svijesti o značaju preciznosti (npr. kroz mjerenje malih masa). Pri tome naročit značaj pripada eksperimentu kojeg učenik/ca izvodi samostalno. Samostalne aktivnosti u okviru učeničkih eksperimenata podstiču razvijanje manuelnih vještina. Na taj način naučit će koristiti tehničke uređaje, postati svjesni važnosti sigurnosnih propisa i tako se osposobljavati za odgovorno djelovanje. Osim toga, pripremanje i izvođenje oglada budi stvaralačku znatiželju, potiče kreativnost i omogućava emocionalno doživljavanje istraživanja. Ukoliko zahtijevamo da prikupljanje, obradu i/ili analizu podataka izvrše uz pomoć računara, podstičemo razvoj informatičkih kompetencija, a ukoliko zahtijevamo tradicionalni pristup obradi i analizi podataka, doprinosimo razvoju matematičkih kompetencija. Najzad, kroz pisanje izvještaja o provedenom eksperimentu i verbalno predstavljanje rezultata eksperimenta doprinosimo razvijanju komunikacijskih kompetencija.

Kombinovanjem eksperimentalne metode u nastavi sa grupnim radom, razvijamo spremnost i sposobnost za timski rad i društvene interakcije, tj. doprinosimo razvoju socijalno-emocionalnih kompetencija. Kroz diskusiju o planu provođenja eksperimenta, samom postupku provođenja eksperimenta i rezultatima eksperimenta može se efikasno razvijati navika kritičkog razmišljanja, čime se oslobađaju potrebe slijepog vjerovanja u tvrdnje „autoriteta“ (npr. kroz korištenje eksperimenta kao krajnje provjere autentičnosti datih iskaza). Osim toga, redovnim zadavanjem eksperimentalnih i računskih zadataka prikladnog nivoa zahtjevnosti možemo uspješno razvijati radne navike, uključujući strpljivost i upornost.

Za razvijanje poduzetnosti i kreativnosti posebno je poželjno provođenje projekata u nastavi Fizike. Pri tome projekti mogu biti situirani u kontekst discipline (npr. konstrukcija modela elektroskopa) ili pak mogu biti interdisciplinarnog karaktera i situirani u kontekst učeničke svakodnevnice (npr. mjerenje razine buke i uticaj buke na zdravlje).

Najzad, u nastavi Fizike, bitno je pokazati kako je fizika kroz historiju utjecala na formiranje slike svijeta (npr. heliocentrični i geocentrični sistem) i ukazati na koji način im fizika može pomoći da mjerodavno učestvuju u donošenju društvenih odluka (npr. prednosti i nedostaci gradnja nuklearne elektrane).

Osim mogućnosti odgojnog djelovanja kroz eksperimentalni metod i provođenje projekata, različite oblasti fizike nude specifične mogućnosti odgojnog djelovanja koje su naznačene u metodičkim smjernicama (npr. razvijanje stavova o opasnostima od zračenja i električne struje; štednja energije). Konkretno, u prvoj fazi odgojnog djelovanja, mogu se prikazivati neke autentične ili hipotetske situacije te povesti refleksivna rasprava o tim situacijama (npr. *da li na određenom mjestu graditi nuklearnu elektranu?*) radi razvijanja poželjnih stavova. U drugoj fazi odgojnog djelovanja, možemo zahtijevati praktično djelovanje (npr. projekt usmjeren ka zaštiti okoliša).

## Individualizacija i diferencijacija obrazovnog procesa

U nastavi Fizike treba težiti da se kreiraju takve prilike za učenje koje će omogućiti svakom pojedincu da ostvari svoj puni potencijal kada je u pitanju učenje fizike. Prilikom razmišljanja o specifičnostima implementiranja diferencijacije nastave Fizike korisno je imati na umu spoznaje o različitim kategorijama učeničkih interesa za fiziku. Tako se npr. pokazuje da su djevojčice nešto motiviranije da uče fiziku kada im se gradivo fizike situira u kontekst ljudskog organizma, dok su dječaci više zainteresovani za kontekst tehnike. Odavde slijedi preporuka da povremeno treba omogućiti, podjelu u grupe (s obzirom na kategoriju interesa), te isto gradivo učiti kroz različite kontekste (npr. sport, svakodnevnica, biologija i medicina, tehnika, prirodni fenomeni). Grupni rad je također dobar pristup ukoliko nam je namjera da diferenciramo aktivnosti učenja. Konkretno, moguće je u završnom dijelu časa kreirati grupe koje su homogene s obzirom na procijenjeni trenutni nivo znanja, te u skladu s tim različitim grupama dati da rade fizikalne zadatke različitog nivoa zahtjevnosti. U vezi sa teorijom proksimalnog razvoja se preporučuju zadaci koji su neposredno iznad trenutnog nivoa znanja učenika, ali ih učenik uz ulaganje značajnog napora i manje usmjeravanje iz okoline može riješiti. Kada su u pitanju produkti rada, moguće je kod zadavanja projekata također uvažavati različite interese, zadavati detaljnije ili manje detaljne upute, te postavljati različita očekivanja. Dodatni nivo diferencijacije, posebno kada je u pitanju tempo rada, moguće je postići korištenjem individualnog oblika rada. Pri tome je također moguće zadavati zadatke različitog nivoa zahtjevnosti.

Opća preporuka je da se na časovima Fizike kombiniraju raznovrsne reprezentacije sadržaja fizike, te da se kod zadavanja zadataka uključe i podzadaci radi uvažavanja principa postupnosti. Diferencijaciju je moguće izvršiti i kod zadavanja domaće zadaće.

Kada je u pitanju rad sa učenicima sa poteškoćama u nastavi Fizike potrebno je imati na umu da općenito poteškoće nastaju iz interakcije karakteristika učenika/ca i karakteristika nastavnog okruženja. Također, treba imati na umu da olakšavanjem nastavnog procesa za učenike/ce sa poteškoćama olakšavamo učenje i svim ostalim. Dvije opće preporuke za rad sa učenicima sa poteškoćama koje se efikasno mogu primijeniti u nastavi Fizike podrazumijevaju situiranje sadržaja u zanimljive kontekste i *hands-on* (praktični rad) pristup učenju.

Za učenike/ce sa komunikacijskih poteškoćama preporučuje se što intenzivnije korištenje eksternih vizualizacija, a naročito simulacija.

Kod učenika/ca sa oštećenjem vida ili sa invaliditetom nužno je posebnu pažnju obratiti na sigurnost kod organiziranja laboratorijskog rada. Konkretno, moguće je raditi u parovima, pri čemu učenik/ca bez oštećenja vida vrši zapažanja, a učenik/ca sa oštećenim vidom obavlja neke druge zadatke. Općenito se kod učenika/ca sa oštećenjem vida radi obezbjeđivanja zornosti preporučuje korištenje većih prostornih modela/maketa.

Za učenike/ce sa intelektualnim poteškoćama se pokazuje najefikasnijom nastava u kojoj dominira *hands-on* pristup situiran u zanimljivim kontekstima, uz detaljne upute i usmjeravanje okoline.

U nastavi Fizike značajnu pažnju zaslužuju i nadareni učenici-ce. Za prepoznavanje nadarenih učenika-ca, najvrjedniji izvor podataka su nastavnikove opservacije. Za one koji su nadareni za fiziku karakteristično je da su jako znatiželjni kada su u pitanju fizikalni objekti i pojave, izuzetno pažljivo promatraju okolinu, postavljaju pitanja i hipoteze, te su jako motivirani za provođenje fizikalnih istraživanja.

U okviru redovne nastave, potrebe nadarenih učenika se mogu uvažiti kroz prethodno opisane aktivnosti diferencijacije nastavnog procesa.

Prilikom rada sa nadarenim učenicima/cama posebno se značajnim pokazuje mentorski rad, zadavanje zahtjevnih zadataka iz fizike, te podsticanje samostalnosti. Rad sa nadarenim učenicima/cama se posebno efektivno može organizirati kroz sekciju fizike. Unutar sekcije fizike moguće je obrađivati i gradivo koje izlazi izvan okvira redovnog kurikuluma, ukoliko je to u skladu sa potrebama, sposobnostima i interesima. Osim izrade kompleksnih računskih zadataka iz fizike, unutar sekcije se naročito treba potencirati rad na interdisciplinarnim projektima, kao i korištenje modernih tehnologija u učenju fizike (npr. korištenje digitalne videoanalize radi ispitivanja mehaničkih pojava iz svakodnevnice, rješavanje fizikalnih problema postavljenih u vidu simulacija i sl).

### **Razlike u osnovnoškolskom i gimnazijskom pristupu nastavi fizike**

Prilikom poučavanja fizike nužno je imati na umu funkciju koju fizika ima za određen nivo obrazovanja i određenu vrstu škole. U osnovnoj školi akcenat je uglavnom na konceptualnom razumijevanju pojava i bazičnom nivou korištenja proceduralnih znanja. Na nivou srednje škole je akcenat i dalje na nivou konceptualnog razumijevanja, ali značajnije raste i udio nastave koji je posvećen razvijanju i korištenju proceduralnih znanja.

Kada je u pitanju istraživačka nastava Fizike, ona bi u osnovnoj školi trebala biti snažno usmjerenog karaktera (radni listovi sadrže detaljne upute za provođenje istraživanja), dok se u srednjoj školi povremeno mogu kreirati prilike i za otvorenu istraživačku nastavu (očekuje se nešto viši nivo kreativnosti i samostalnosti u rješavanju problema).

## **PK6 – Vrednovanje u predmetnom kurikulumu**

### **Fizika – Vrednovanje i ocjenjivanje**

Imajući u vidu činjenicu da učenici-ce formalnom učenju fizike pristupaju sa već izgrađenim intuitivnim idejama o načinu odvijanja fizikalnih pojava (predkonceptije), kao i činjenicu da se svako novo znanje izgrađuje na postojećem predznanju, nužno je da nastavnik/ca fizike kontinuirano prikuplja informacije o postignućima učenika/ca. Te informacije su potrebne kako bi se što kvalitetnije isplanirao sam proces učenja (vrednovanje za učenje), ali i kako bi se ocijenilo u kojoj mjeri su u konačnici ostvareni zacrtani ishodi učenja (vrednovanje naučenog).

U skladu sa principom konstruktivnog poravnanja, proces vrednovanja treba biti usklađen sa postavljenim ciljevima i ishodima učenja, ali nipošto ne treba biti ograničen formulacijama pojedinačnih indikatora.

Opći ciljevi predmeta sugeriraju da bi se učeničke kompetencije trebale razvijati u oblastima: konceptualnog razumijevanja fizikalnih pojava, prirode fizike i naučnog metoda, jezika fizike i razumijevanja poveznica između fizike, društva i tehnologije. Imajući u vidu da je za sve ove oblasti značajno razvijanje široke baze činjeničnog znanja, slijedi da postignuća učenika treba vrednovati kroz sljedeće dimenzije:

**1) Prisjećanje informacija i procedura:** odnosi se na sve informacije i procedure koje su eksplicitno obrađene u okviru nastavnog procesa (ili u udžbeniku) i na učeniku/ci je samo da ih se prisjeti; pod informacije spadaju i informacije o prirodi, metodama i jeziku fizike.

**2) Objašnjavanje fizikalnih procesa i pojava:** odnosi se primarno na razumijevanje i primjenu konceptualnog znanja u kvalitativnim kontekstima, pri čemu pitanja za provjeru sadrže fizikalne situacije koje nisu eksplicitno obrađivane u nastavi; uključuje generiranje eksplanatornih modela za date prirodne pojave, kao i procese predviđanja i izvođenja zaključaka o implikacijama fizike za društvo, svakodnevnici i tehnologiju (stavovi o pojavama).

**3) Korištenje znanja o metodama, prirodi i jeziku fizike:** odnosi se na sve misaone procese, iznad procesa prisjećanja, u kontekstu metoda, prirode i jezika fizike; uključuje vještinu rješavanja računskih zadataka iz fizike, planiranje i provođenje eksperimentalnog istraživanja, evaluiranje plana istraživanja, analizu i interpretiranje podataka i dokaza iz nekog naučnog izvještaja, razlikovanje između naučnih i nenaučnih argumenata, transformiranje jednog načina predstavljanja podataka u drugi (npr. tabelarno u grafikonsko predstavljanje), smišljanje načina unapređivanja pouzdanosti i mogućnosti generaliziranja podataka.

Na nivou osnovnoškolskog obrazovanja, prilikom zaključivanja ocjena, treba voditi računa da udio zadataka koji provjeravaju prisjećanje informacija i procedura, objašnjavanje procesa i pojava, te korištenja znanja o metodama, prirodi i jeziku fizike treba da bude 40 %, 40 % i 20 %, respektivno. Na nivou srednje škole, preporučuje se odnos 30 % : 40 % : 30 %.

Neovisno o korištenoj tehnici vrednovanja bitno je da pitanja, zadaci i/ili aktivnosti koje se koriste za vrednovanje budu pažljivo izabrane, tako da validno odražavaju ciljeve i sadržaje predmeta. Također je bitno obratiti pažnju da učenici/ce unaprijed budu upoznati sa kriterijima za vrednovanje, te da nakon svakog vrednovanja dobiju adekvatnu povratnu informaciju o svojim postignućima. Preporučuje se kombiniranje različitih tehnika vrednovanja.

Prisjećanje informacija i procedura se efikasno može provjeravati pismenim testiranjem koje uključuje zadatke koji zahtijevaju kratki odgovor i zadatke višestrukog izbora.

Isto vrijedi i kada je u pitanju konceptualno razumijevanje fizikalnih procesa i pojava, pri čemu zadaci višestrukog izbora trebaju uključivati ustaljene miskoncepcije kao distraktore. Još efikasnije, konceptualno razumijevanje se može ispitati usmenim vrednovanjem postignuća.

Kada su u pitanju računski zadaci, obavezno treba vrednovati i proces (vizuelno predstavljanje situacije, fizikalna rasprava, korištenje matematičkog aparata, kritičko razmatranje rješenja) i krajnji rezultat.

Osim navedenih načina vrednovanja postignuća, preporučuje se korištenje eseja, seminarski radovi, projektni zadaci, eksperimentalni zadaci, konceptualne mape, portfolio i dnevnik učenja.

Kod svih vidova vrednovanja učeničkih postignuća je posebno bitno učenike/ce unaprijed upoznati sa kriterijima za vrednovanje, te koristiti odgovarajuće opservacijske check liste (npr. kod vrednovanja praktičnog rada) i/ili rubrike za vrednovanje. To je naročito bitno kod vršnjačkog vrednovanja, koje je korisno zbog obezbjeđivanja kontinuiranog promišljanja i komuniciranja o postignućima među svim akterima nastavnog procesa.

Esejski zadaci (npr. uticaj razvoja nuklearne fizike na čovječanstvo) mogu biti efikasan način provjere uticaja nastave Fizike na razvoj stavova i viših kognitivnih procesa. Definisanjem podzadataka pri tome možemo eventualno usmjeravati učenike kako ne bi izašli iz okvira teme. Sličnu funkciju kao i esejski zadaci mogu imati i seminarski radovi. Kako kod eseja, tako i kod seminarskih radova, prilikom vrednovanja postignuća treba uzeti u obzir ne samo fizikalnu korektnost prikazanih podataka, nego i logičku strukturu rada, te kvalitet izlaganja i rasprave.

Kada su u pitanju projektni zadaci, pomoću njih možemo podstaknuti učenje o metodi fizike (vrednovanje kao učenje), te razvijati poduzetnost i komunikacijske vještine kod učenika. Kod korištenja projektnih zadataka mogući kriteriji za vrednovanje su: struktura, jasnoća i fizikalna korektnost (sadržaji i naučni metod) pisanog izvještaja; kreativnost; kvalitet izlaganja i rasprave. Raznovrsni misaoni procesi mogu se razvijati i kroz

eksperimentalne zadatke, kod kojih možemo vrednovati pisani izvještaj o provedenom eksperimentu, ali i kvalitet rasprave o eksperimentalnim rezultatima.

Alternativni način za vrednovanje konceptualnog razumijevanja su konceptualne mape u okviru kojih treba prikazati veze i odnose između većeg broja fizikalnih pojmova. Time pomažemo u razvoju navika umrežavanja znanja fizike. Vrednovanje bi se moglo provoditi na osnovu broja korektno uspostavljenih poveznica između datog skupa pojmova.

Najzad, portfolio i dnevni učenja zahtijevaju od učenika/ca da se kontinuirano angažuju u procesima refleksivnog promišljanja o sopstvenom učenju, te direktno podstiču samo učenje (vrednovanje kao učenje). Pored toga, pružaju i vrijedne povratne informacije za samog nastavnika/cu. Mogući kriteriji za vrednovanje slični su kao kod ostalih pisanih materijala, a posebno vrijedi istaknuti originalnost i nivo refleksije.

## **Profil i stručna sprema**

### **Osnovna škola:**

Nastavu u osnovnoj školi izvode osobe sa završenim VI ili VII stepenom stručne spreme, kao i osobe sa završenim I (prvim) ciklusom bolonjskog visokoobrazovnog procesa u trogodišnjem trajanju, sa najmanje ostvarenih 180 ECTS bodova odgovarajućeg (nastavničkog) smjera i stečenim zvanjem: nastavnik, odnosno profesor, odnosno bakalaureat/bachelor. Nastavu u osnovnoj školi izvode osobe sa završenim VI ili VII stepenom stručne spreme, kao i osobe sa završenim I (prvim) ciklusom bolonjskog visokoobrazovnog procesa u trogodišnjem trajanju, sa najmanje ostvarenih 180 ECTS bodova odgovarajućeg (nastavničkog) smjera i stečenim zvanjem: nastavnik, odnosno profesor, odnosno bakalaureat/bachelor. (U osnovnoj školi radni odnos mogu zasnovati lica koja su završila prvi ciklus bolonjskog visokoobrazovnog procesa do kraja 2020/2021 školske godine. Ova lica su obavezna završiti II ciklus bolonjskog visokoobrazovnog procesa u roku od četiri godine od stupanja na snagu ovog zakona. U osnovnoj školi radni odnos mogu zasnovati i lica koja su stekla VI stepen stručne spreme po predbolonjskom sistemu studiranja. Ova lica su obavezna doškolovati se, u roku od tri godine, od dana donošenja programa doškolovanja. – Član 16. dopune Člana 121. Sl.novine br. 33/21)

- Nastavnik fizike ( VI stepen – VŠS)
- Bachelor fizike ( 180 ECTS ,240 ECTS bodova)
- Profesor fizike ( VII stepen - VSS)

### **Srednja škola - gimnazija**

Općeobrazovnu, stručno-teorijsku, praktičnu i nastavu u okviru laboratorijskog rada, u srednjoj školi izvode lica:

1. Sa završenim najmanje VII stepenom stručne spreme, sa zvanjem profesora, ili završenim drugim fakultetom i položenom pedagoško-psihološkom i metodičko- didaktičnom grupom predmeta,
2. Sa završenim II, odnosno III ciklusom bolonjskog visokoobrazovnog procesa na nastavničkom fakultetu ili drugom fakultetu i položenom pedagoško-psihološkom i metodičko-didaktičnom grupom predmeta.

- profesor fizike po predbolonjskom sistemu studiranja

(minimalno VII stepen stručne spreme).

- profesor fizike, u kombinaciji sa nekim drugim predmetom iz oblasti fizičkih, matematičkih i tehničkih nauka po predbolonjskom sistemu studiranja (minimalno VII stepen stručne spreme).

-diplomirani fizičar po predbolonjskom sistemu studiranja, a imaju položenu pedagoško-psihološku i didaktičko-metodičku grupu predmeta (minimalno VII stepen stručne spreme).

- nastavnički studijski program fizike na Prirodno-matematičkom fakultetu po bolonjskom sistemu studiranja (minimalno prikupljenih 300 ECTS bodova, tj. I i II ciklus nastavničkog smjera).

### **Srednja škola za stručno obrazovanje i obuku - tehničke škole**

Općeobrazovnu, stručno-teorijsku, praktičnu i nastavu u okviru laboratorijskog rada, u srednjoj školi izvode lica:

1. Sa završenim najmanje VII stepenom stručne spreme, sa zvanjem profesora ili završenim drugim fakultetom i položenom pedagoško-psihološkom i metodičko-didaktičnom grupom predmeta,
2. Sa završenim II, odnosno III ciklusom bolonjskog visokoobrazovnog procesa na nastavničkom fakultetu ili drugom fakultetu i položenom pedagoško-psihološkom i metodičko-didaktičnom grupom predmeta.

- profesor fizike po predbolonjskom sistemu studiranja

(minimalno VII stepen stručne spreme).

- profesor fizike, u kombinaciji sa nekim drugim predmetom iz oblasti fizičkih, matematičkih i tehničkih nauka po predbolonjskom sistemu studiranja (minimalno VII stepen stručne spreme).

- diplomirani fizičar po predbolonjskom sistemu studiranja, a imaju položenu pedagoško-psihološku i didaktičko-metodičku grupu predmeta (minimalno VII stepen stručne spreme).

- nastavnički studijski program fizike na Prirodno-matematičkom fakultetu po bolonjskom sistemu studiranja (minimalno prikupljenih 300 ECTS bodova, tj. I i II ciklus nastavničkog smjera).

### **Srednja škola za stručno obrazovanje i obuku- stručne škole**

Općeobrazovnu, stručno-teorijsku, praktičnu i nastavu u okviru laboratorijskog rada, u srednjoj školi izvode lica:

1. Sa završenim najmanje VII stepenom stručne spreme, sa zvanjem profesora, ili završenim drugim fakultetom i položenom pedagoško-psihološkom i metodičko- didaktičnom grupom predmeta,
2. Sa završenim II, odnosno III ciklusom bolonjskog visokoobrazovnog procesa na nastavničkom fakultetu ili drugom fakultetu i položenom pedagoško-psihološkom i metodičko-didaktičnom grupom predmeta.

- profesor fizike po predbolonjskom sistemu studiranja (minimalno VII stepen stručne spreme).

- profesor fizike, u kombinaciji sa nekim drugim predmetom iz oblasti fizičkih, matematičkih i tehničkih nauka po predbolonjskom sistemu studiranja (minimalno VII stepen stručne spreme).

- diplomirani fizičar po predbolonjskom sistemu studiranja, a imaju položenu pedagoško-psihološku i didaktičko-metodičku grupu predmeta (minimalno VII. stepen stručne spreme).

- nastavnički studijski program fizike na Prirodno-matematičkom fakultetu po bolonjskom sistemu studiranja (minimalno prikupljenih 300 ECTS bodova, tj. I i II ciklus nastavničkog smjera).