

HRZZ PROJEKT IP-01-2018-9085 „UTJECAJ UKLJUČIVANJA ISTRAŽIVAČKIH UČENIČKIH POKUSA U SREDNJOŠKOLSKU NASTAVU FIZIKE NA RAZVOJ ZNANSTVENOG ZAKLJUČIVANJA I KONCEPTUALNOG RAZUMIJEVANJA (INVESTIGATE)“

MATERIJALI ZA NASTAVNU INTERVENCIJU, VERZIJA 3

NASTAVNA PRIPREMA 7: POLARIZACIJA SVJETLOSTI

Obrazovni ishodi:

FIZ SŠ C.4.1. FIZ SŠ D.4.1. Analizira valnu prirodu svjetlosti.

FIZ SŠ C.4.9., FIZ SŠ D.4.9. Rješava fizičke probleme.

FIZ SŠ C.4.10., FIZ SŠ D.4.10. Istražuje fizičke pojave

- opisati pokuse kojima se demonstrira polarizacija svjetlosti
- opisati razliku titranja električnog polja kod polarizirane i nepolarizirane svjetlosti
- navesti primjere izvora svjetlosti koji daju polariziranu ili nepolariziranu svjetlost
- opisati funkciju polarizatora i analizatora
- razvijati znanstveno zaključivanje (osmišljanje pokusa, razvijanje modela)
- razvijati usmeno, pismeno i grafičko izražavanje
- razvijati sposobnost sistematičnog opažanja i opisivanja pokusa

Ishodi međupredmetnih tema:

osr A.5.3. Razvija svoje potencijale.

osr B.5.2. Suradnički uči i radi u timu.

uku A.4/5.3. Kreativno mišljenje; Učenik kreativno djeluje u različitim područjima učenja.

uku A.4/5.4. Učenik samostalno kritički promišlja i vrednuje ideje.

uku C.4/5.3. Učenik iskazuje interes za različita područja, preuzima odgovornost za svoje učenje i ustraje u učenju.

uku D.4/5.2. Učenik ostvaruje dobru komunikaciju s drugima, uspješno surađuje u različitim situacijama i spreman je zatražiti i ponuditi pomoć.

pod A.5.1. Primjenjuje inovativna i kreativna rješenja.

TIJEK SATA

Uvodni dio

UP: Pojave interferencije i ogiba svjetlosti pokazuju da se svjetlost može opisati valnim modelom. No, još uvijek nije jasno kakav je svjetlost val, longitudinalni ili transverzalni (demonstriraju se ta dva tipa vala na opruzi pokusom ili simulacijom).

Da bismo na to pitanje odgovorili morat ćemo se poslužiti nečime iz svakodnevnog života – polarizirajućim naočalama.

Ima li netko od vas kod kuće polarizirajuće sunčane naočale? Koja je njihova prednost pred običnim sunčanim naočalama?

Učenici daju svoje ideje i iznose svoja iskustva s polarizirajućim naočalama.

Pogledajmo sljedeći pokus. Ovdje imam plastični slajd koji se zove polarizacijski filter. Polarizirajuće naočale imaju premaz koji djeluje kao i ovaj filter. Ovaj bismo pokus mogli izvoditi i s polarizirajućim naočalama, ali lakše nam ga je izvesti s polarizacijskim filterima. Pogledat ćemo prvo kako takav filter utječe na svjetlost žarulje (ili grafoskopa).

POKUS 1: Nastavnik pušta svjetlost iz žarulje ili grafoskopa kroz polarizacijski filter na zastor. Potom rotira polarizacijski filter.

Što opažate? Skicirajte i opišite pokus.

Učenici opažaju smanjeni intenzitet svjetlosti koja je prošla kroz polarizacijski filter te da njegova vrtnja nema utjecaja na intenzitet.

POKUS 2: Ovdje imam još jedan jednaki polarizacijski filter. Ponovit ću pokus s njime.

Što opažate?

Učenici opažaju da se pokus odvija jednako kao i s prvim filtrom.

Za svjetlost žarulje kažemo da je nepolarizirana. Što zaključujete na temelju pokusa 1 i 2, kako polarizacijski filter propušta nepolariziranu svjetlost i kakav je utjecaj njegove orijentacije na intenzitet prolazne svjetlosti?

Učenici zaključuju da polarizacijski filter smanjuje početni intenzitet svjetlosti, ali da orijentacija filtra ne igra ulogu: on propušta jednak intenzitet svjetlosti pri svakoj orijentaciji.

(Na ploču pišemo: Nepolarizirana svjetlost → bilo koji polarizacijski filter → rotacija filtra ne mijenja intenzitet svjetlosti)

Je li svjetlost nakon prolaska kroz filter i dalje nepolarizirana? Istražimo to pomoću još jednog filtra.

POKUS 3: Nastavnik dodaje još jedan polarizacijski filter iza prvoga i pušta svjetlost iz žarulje ili grafoskopa kroz dva polarizacijska filtra na zastor. Potom rotira samo drugi, a kasnije samo prvi filter.

Što opažate? Zapišite i skicirajte.

Učenici opažaju veliku promjenu intenziteta prolazne svjetlosti pri rotaciji bilo kojega od polarizacijskih filtara. U određenom položaju filtara intenzitet je nula, dok je za zakret jednog od filtara od 90° u odnosu na taj položaj, intenzitet maksimalan. Između tih položaja intenzitet se kontinuirano mijenja.

Je li svjetlost nakon prolaska kroz polarizacijski filter i dalje nepolarizirana? Što o tome možemo zaključiti iz Pokusa 3?

Učenici zaključuju na temelju Pokusa 3 da svjetlost nakon polarizacijskog filtra nije više nepolarizirana, jer inače rotacija drugog filtra ne bi utjecala na njen intenzitet, kao što je bio slučaj i u Pokusu 1. (Možda će neki učenici pretpostaviti da postoji razlika između filtara 1 i 2, no tada ih se upućuje na to da su oni jednako utjecali na nepolariziranu svjetlost u Pokusu 1. Također se po potrebi može ponoviti Pokus 2 na način da se zamijeni redoslijed filtara i uoči da je ishod pokusa jednak kao i prije.)

Za nepolariziranu svjetlost koja prođe kroz polarizacijski filter kažemo da je postala polarizirana.

(Na ploču pišemo: Nepolarizirana svjetlost → polarizacijski filter → polarizirana svjetlost → drugi polarizacijski filter → intenzitet se jako mijenja pri rotaciji bilo kojeg filtra)

Prvi filter kroz koji je svjetlost prošla zovemo polarizatorom, a drugi analizatorom. Ovi nazivi opisuju njihove različite uloge u pokusu, filteri su inače međusobno jednaki. Polarizator određuje kako će svjetlost biti polarizirana, a analizator nam omogućava da otkrijemo kakav je smjer polarizacije. Ponoviti ćemo Pokus 3, a sada obratite pažnju na međusobnu orijentaciju polarizatora i analizatora, kako biste mogli odgovoriti kako njihov međusobni položaj utječe na intenzitet prolazne svjetlosti.

Flomasterom označavamo jedan polaroid kao P, a drugi kao A. Demonstriramo paralelni i ukriženi položaj P i A i uvodimo pripadne nazive. Potom se ponavlja Pokus 3.

Što opažate? Nadopunite slovima P i A prethodnu sliku.

Učenici uočavaju da analizator A u paralelnom položaju s P propušta maksimalni intenzitet svjetlosti, dok u ukriženom položaju ne propušta ništa. Između ta dva položaja intenzitet svjetlosti se prvo kontinuirano smanjuje, a potom kontinuirano povećava.

(Na ploču pišemo: A i P paralelni → max intenzitet prolazne svjetlosti; A i P okomiti → svjetlost ne prolazi)

Pojava koju smo demonstrirali zove se polarizacija svjetlosti (*naslov*).

POKUS 4: Ponovimo pokuse 1 - 3 s polarizirajućim naočalama.

Učenici uočavaju da se i polarizirajuće naočale ponašaju poput polarizacijskog filtra.

Sumirajmo kratko što smo do sada o polarizaciji doznali kroz prethodne pokuse.

- 1) Neki izvori svjetlosti, kao što su žarulje, daju nepolariziranu svjetlost.
- 2) Kad nepolarizirana svjetlost prođe kroz polarizator postaje polarizirana. Promjena orijentacije polarizatora ne mijenja intenzitet prolazne svjetlosti.
- 3) Kad dodamo još jedan filter (analizator), on propušta polariziranu svjetlost ovisno o orijentaciji: ako je paralelan s polarizatorom, propušta maksimalni intenzitet, a ako je okomit na

polarizator (ukrižen) ne propušta ništa. Između ta dva položaja intenzitet propuštene svjetlosti se kontinuirano mijenja.

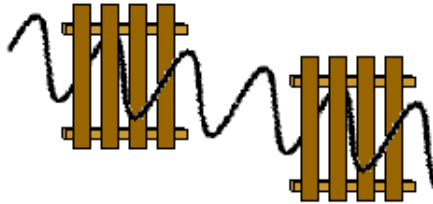
4) Polarizirajuće naočale djeluju jednako kao i polarizacijski filter.

Središnji dio

Uočite da još uvijek ne znamo što je zapravo polarizacija svjetlosti i kako se ona događa na polarizacijskom filteru. To ćemo sada pokušati istražiti.

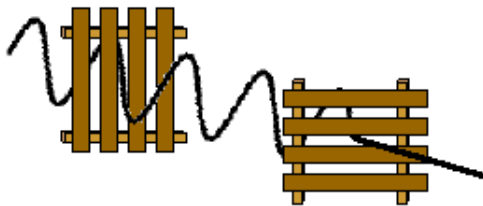
IP: Kako objasniti pojavu polarizacije svjetlosti? Što se događa na polarizacijskom filteru (polarizatoru i analizatoru)?

Kako bismo pokušali odgovoriti na ova pitanja, poslužiti ćemo se analogijom s mehaničkim valovima i pogledati crtež na kojem mehanički transversalni val na užetu propuštamo kroz dvije ograde.



Ako su ograde međusobno paralelne, val može proći. Što bi se dogodilo da je druga ograda zarotirana za 90° ?

Učenici zaključuju da val tada kroz nju ne bi mogao proći, jer ne bi mogao dalje titrati u istom smjeru kao i prije.



(Izvor slika: The Physics Classroom, <https://www.physicsclassroom.com/class/light/Lesson-1/Polarization>)

Što bi bilo da se radilo o longitudinalnom valu, npr. na opruzi? Kako bi ograde utjecale na njega?

Učenici zaključuju da ne bi utjecale na longitudinalni val, nego samo na transversalni.

Kakvu bismo analogiju mogli povući s ovim primjerom i našim pokusom s polarizacijskim filterima?

Učenici zaključuju da bi ograde bile analogne polarizatoru i analizatoru i njihovom paralelnom i ukriženom položaju, dok je val na užetu analogan svjetlosti.

Ovo je samo ograničena analogija (polarizator nema nikakve pukotine na sebi i ne treba ga miješati s optičkom rešetkom!), no dozvoljava nam da uočimo osnovnu funkciju polarizacijskih filtara – oni propuštaju samo određeni smjer titranja svjetlosti.

Što možemo zaključiti na osnovi pojave polarizacije, u koju vrstu valova spada svjetlost, longitudinalne ili transverzalne?

Učenici zaključuju da je polarizacija moguća samo za transverzalne valove, pa je svjetlost prema tome transverzalni val.

Nepolarizirana svjetlost može imati više smjerova titranja koja se sva odvijaju u ravnini okomitoj na smjer širenja vala. (Model: štap koji označava smjer širenja svjetlosti i karton koji predstavlja okomitu ravninu na kojoj su naznačeni razni smjerovi titranja). **Uočite da različiti smjerovi titranja ne znače različite smjerove širenja za isti val!**

Što će se dogoditi s takvom nepolariziranom svjetlosti kad upadne na polarizacijski filter koji propušta samo jedan smjer titranja? Promotrimo simulaciju: <https://ophysics.com/l3.html>.

Učenici opažaju i zaključuju da će filter propustiti samo komponentu svjetlosti s jednim smjerom titranja; time će se smanjiti i intenzitet svjetlosti. Naglašava se ograničenost analogije polarizatora na simulaciji – polarizator nije pukotina.

Ovo je bio primjer polarizacije mehaničkog vala. Kod mehaničkih valova bilo je potrebno imati elastično sredstvo (npr. oprugu, vodu) kroz koje se mogla širiti neka deformacija te na taj način prenositi energiju kroz sredstvo, bez prenošenja materije (čestice sredstva samo titraju oko svojih ravnotežnih položaja). No, svjetlost se za razliku od mehaničkih valova može širiti i kroz potpuno prazan prostor (vakuum), brzinom od $3 \cdot 10^8$ m/s.

Što titra kod vala svjetlosti i kakav je to val? U elektromagnetizmu ste čuli za Jamesa Clerka Maxwella, engleskog fizičara, koji je sredinom 19. stoljeća napravio veliku sintezu električnih i magnetskih pojava. On je predvidio pojavu elektromagnetskih valova, koji se sastoje od međusobno povezanih električnih i magnetskih polja koja se zajedno šire prostorom. Maxwell je izračunao da se ta polja trebaju širiti brzinom svjetlosti kroz vakuum. Što biste mogli naslutiti na temelju toga o svjetlosti?

Učenici zaključuju da to sugerira da je možda i svjetlost elektromagnetski val.

Upravo je to i Maxwell zaključio, a Heinrich Hertz nešto kasnije i eksperimentalno potvrdio. Svjetlost, dakle, čine povezana električna i magnetska polja, koja se šire kroz prostor. Električna i magnetska polja ne trebaju sredstvo za širenje, stoga se mogu širiti i kroz vakuum. Ta su polja vremenski promjenljiva i možemo reći da titraju (animacija <https://swackhamer.weebly.com/chapter-22.html>)

(Na ploču pišemo: Svjetlost je transverzalni elektromagnetski val (titraju povezana električna i magnetska polja i putuju kroz prostor, a titranje je okomito na smjer širenja svjetlosti).)

Na prethodnoj simulaciji prolaska svjetlosti kroz dva polarizacijska filtra bilo je prikazano samo titranje električnog polja EM vala svjetlosti. Uočite da ako kroz polarizator prođe električna komponenta, proći će i pripadna magnetska komponenta, jer je povezana s njom, a ako ne prođe električna komponenta, neće proći ni magnetska.

HRZZ IP-01-2018-9085 INVESTIGATE - sva prava pridržana

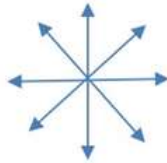
Kako na kraju možemo odgovoriti na postavljeno istraživačko pitanje?

Učenici samostalno formuliraju svoje odgovore i opisuju model polarizacije svjetlosti.

Završni dio

Učenici pomoću kartica odgovaraju na konceptualna pitanja. Odgovori se diskutiraju.

- 1) Nepolariziranu svjetlost često prikazujemo sljedećom skicom:



Koje je značenje strelica na toj skici?

- A) Strelice naznačuju smjerove širenja svjetlosti.
- B) Strelice naznačuju smjerove titranja i širenja svjetlosti.
- C) Strelice naznačuju smjerove titranja električnog polja svjetlosti, koja se širi u smjeru okomitom na papir.

Učenici dodatno diskutiraju razliku smjera širenja i smjera titranja svjetlosnog vala i značenje ovog shematskog prikaza dano pod C.

- 2) Koje svojstvo od navedenih pokazuje svjetlost žarulje nakon prolaska kroz polarizator?
- A) Širi se samo u jednom smjeru i električno polje titra u istom tom smjeru.
 - B) Širi se u svim smjerovima i električno polje titra u svim smjerovima okomito na pravac širenja.
 - C) Širi se u svim smjerovima i električno polje titra u jednom smjeru okomito na pravac širenja.

Još jednom se ispituje i učvršćuje ideja titranja električnog polja i razlikuje se njegov smjer titranja od smjera širenja vala (C).

- 3) Ako dva polarizacijska filtra, A i P, postavimo na put nepolariziranoj svjetlosti, koji su ishodi od navedenih mogućí?
- A) Ako su A i P međusobno paralelni, svjetlost se neće širiti nakon drugog filtra.
 - B) Ako su A i P međusobno paralelni, svjetlost će proći s maksimalnim intenzitetom.
 - C) Ako su A i P međusobno okomiti, svjetlost se neće širiti nakon drugog filtra.
 - D) Ako su A i P međusobno okomiti, svjetlost će proći s maksimalnim intenzitetom.

Učenici zaključuju na temelju pokusa koji je izveden da su moguće situacije B i C.