

HRZZ PROJEKT IP-2018-01-9085 „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 1: INTERFERENCIJA SVJETLOSTI IZ DVAJU IZVORA – ANALOGIJA S MEHANIČKIM VALOVIMA

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 Youngov pokus i interferencijsku sliku svjetlosti
- objasniti nastanak interferencijske slike svjetlosti pomoću mehaničkog modela valova
- objasniti važnost koherentnih izvora za postizanje stalne interferencijske slike
- objasniti način dobivanja koherentnih izvora svjetlosti u Youngovom pokusu
- objasniti kako je Youngov pokus utjecao na povijesnu raspravu o valnom ili čestičnom modelu svjetlosti
- razvijati znanstveno zaključivanje (osmišljanje pokusa, modeliranje i testiranje 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 B.5.2. Planira i upravlja aktivnostima.

TIJEK SATA

Uvodni dio

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

Uvodni problem (UP): Do sada ste upoznali razne pojave vezane uz svjetlost, ali ostaje nam jedno pitanje: Što je zapravo svjetlost?

U drugoj polovici 17. stoljeća vodila se u znanosti žustra rasprava o prirodi svjetlosti. Isaac Newton je proveo mnoge pokuse vezane uz svjetlost i izložio svoj čestični model svjetlosti. Po njemu, svjetlost je bila roj vrlo sitnih čestica, čime su se mogle objasniti sve tada poznate pojave vezane uz svjetlost: pravocrtno širenje, odbijanje i lom svjetlosti, širenje svjetlosti kroz vakuum pa i disperzija bijele svjetlosti u prizmi. No, Christian Huygens, nizozemski znanstvenik, imao je posve drugačije mišljenje. On je smatrao da je svjetlost val. Svojim je modelom on također uspio objasniti sve tada poznate pojave u optici.

Zanima nas koji model bolje opisuje svjetlost – čestični ili valni.

U fizici često imamo više mogućih modela za neki skup pojava. Modeli su često međusobno vrlo različiti, ponekad i kontradiktorni. Kako prosuditi koji je model bolji?

Učenici daju svoje ideje; zaključuju da je moguće prosuditi koji je model bolji jedino ako postoji neka pojava (ili više njih) koju samo jedan od njih može objasniti.

Da bismo bolje razumjeli oko čega se vodila rasprava, moramo pobliže razmotriti što to uopće znači da je nešto čestica, a nešto val. Za početak pogledajmo kako međudjeluju čestice.

POKUS 1: Sudar dviju lopti koje se gibaju jedna prema drugoj.

Što opažate?

Učenici opažaju promjenu smjerova gibanja lopti nakon sudara.

Pogledajmo sada kako međudjeluju valovi.

SIMULACIJA 1: <https://www.youtube.com/watch?v=8IRZYOC7DeU> i <https://www.youtube.com/watch?v=95macpu6xgM>

Simulacija: dva se valna pulsa gibaju jedan drugome ususret i preklape.

Što opažate?

Učenici opažaju da se pri preklapanju pulsevi međusobno pojačaju ili oslabe, a potom se nastavljaju gibati nepromijenjeni u istom smjeru kao prije međudjelovanja.

Kako biste opisali razliku međudjelovanja čestica i međudjelovanja valova? Zapišite.

Učenici uočavaju da valovi mogu proći jedan kroz drugi, te se pojačati ili oslabiti pri preklapanju, a potom nastaviti neometano, dok to čestice ne mogu.

Ovu pojavu pojačavanja ili oslabljivanja valova zvali smo interferencijom valova. Uočite da je interferencija pojava koja razlikuje klasične čestice od valova. (Naglasiti da su se lopte u sudaru odbile, a ne povećale u jednu veliku loptu, poput valnih pulseva.) Čestice ne mogu interferirati, a valovi mogu. Ako bi svjetlost pokazivala pojavu interferencije, to bi išlo u prilog valnom modelu.

Sad je pitanje možemo li sličnu pojavu dobiti kod svjetlosti. Thomas Young je 1801. zamislio i proveo pokus u kojem je od jednog izvora svjetlosti pomoću dviju uskih pukotina načinio dva izvora, te je promatrao sliku koju svjetlost iz tih dvaju izvora proizvodi na udaljenom zastoru. To ćemo i mi sada načiniti. Svjetlost crvenog lasera pustit ćemo na dvije vrlo uske pukotine i promatrati sliku na zastoru.

POKUS 1: Youngov pokus

- a) Laserska svjetlost prvo pada na zastor bez da prolazi kroz pukotine.

Što opažate?

Učenici opažaju crveni kružić na zastoru.

Što očekujete da biste mogli vidjeti na zastoru ako sada stavimo na put laserskoj svjetlosti dvije pukotine? Kakvu sliku očekujete?

Učenici daju svoja predviđanja, najčešće dvije crvene točke.

- b) Laserska svjetlost pada na dvije pukotine.

Što opažate? Skicirajte.

Učenici opažaju naizmjenične jednako udaljene crvene i tamne pruge, skiciraju ih i opisuju.

Kako se vaša opažanja slažu s vašim predviđanjima?

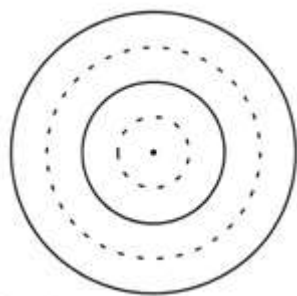
S učenicima se diskutira o razlikama između njihovih očekivanja (najčešće dva crvena kružića) i opažanja.

Središnji dio

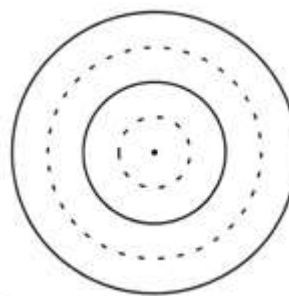
Istraživačko pitanje (IP1): Kako je nastala ovakva slika? Je li to interferencijska slika?

Usporedite dobivenu sliku s interferencijom mehaničkih valova pomoću folija s valnim frontama.

Prije nego počnete analizu, prisjetimo se što ovi crteži na folijama predstavljaju.



IZVOR 1



IZVOR 2

Pogledajmo sljedeću sliku (projicira se slika dvaju izvora). Ona predstavlja dva kružna vala na vodi iz dvaju izvora, prikazana u istom trenutku. Na mjestima punih crta u tom trenutku sredstvo ima maksimalni otklon prema gore (brjegov), a na mjestima isprekidanih crta maksimalni otklon prema dolje (dol).

Kako biste odredili valnu duljinu valova?

Učenici sugeriraju mjerenje udaljenosti dvaju susjednih brjegovova ili dolova.

Što možete zaključiti o valovima koje daju ova dva izvora i titranju izvora?

Izvori koje smo prikazali na slici daju valove jednakih frekvencija, amplituda, valnih duljina, koji sinkrono titraju.

Takve izvore nazivamo koherentnima.

Što će se dogoditi na površini vode kad se ta dva koherentna vala susretnu?

Svaka točka površine vode titrat će pod utjecajem obaju valova. Rezultantni pomak točke bit će zbroj pomaka koje bi proizveo svaki val zasebno (prisjećaju se principa superpozicije).

Kakav može biti rezultat tog zbrajanja valova? (Preklapamo guste folije na grafoskopu.) Zapišite svoje opažanje i zaključak.

Učenici zaključuju da će na nekim mjestima doći do pojačanja (konstruktivne interferencije), a na drugima do poništavanja (destruktivne interferencije) titranja. Naizmjenična područja konstruktivne i destruktivne interferencije su radialno raspoređena na interferencijskoj slici.

Učenici dobivaju dvije folije ili foliju i papir s otisnutim kružnim frontama (mogu se otisnuti s Listića 1). U grupama prekrivaju folije i analiziraju dobivenu interferencijsku sliku.

Što odgovara izvorima svjetlosti (pukotinama) u našem modelu? Možemo li vidjeti put svjetlosti? Što bi odgovaralo zastoru (sugerira se učenicima da postave olovku na neku udaljenost od izvora da im predstavlja zastor)? Što bismo vidjeli na zastoru?

Nakon provedenog istraživanja u grupama nastavnik postavlja jednake takve dvije folije na grafoskop i vodi učenike kroz ista pitanja.

Uz pomoć ovih potpitanja učenici kroz diskusiju dolaze do zaključka da je ono što vide na zastoru rezultat presjeka zastora i valnih fronti svjetlosti u prostoru, koje tipično ne možemo vidjeti (za razliku od valnih fronti na površini vode).

Ako je vaša hipoteza o nastanku slike ispravna, što biste očekivali vidjeti da zastor postavimo bliže pukotinama? Možemo li dobiti sliku samo na jednoj udaljenosti zastora?

Učenici predviđaju da će i na drugačijim udaljenostima vidjeti sličnu sliku, jer se interferencija događa u cijelom prostoru između izvora i zastora.

Provjerimo pokusom.

POKUS 2: Na više mjesta između pukotina i zastora postavi se bijeli papir.

Učenici uočavaju da se na svakom položaju doista dobiva slična slika.

Kako bismo sada mogli odgovoriti na istraživačko pitanje? Zapišite svoj odgovor.

Učenici zapisuju i odgovori se komentiraju. Zaključuju da je slika dobivena puštanjem svjetlosti kroz dvije pukotine nastala interferencijom svjetlosti.

Kako tumačite svijetle pruge, a kako tamne pruge na slici na zastoru?

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

Svijetle pruge su posljedica konstruktivne interferencije svjetlosti iz dviju pukotina, a tamne pruge su posljedica destruktivne interferencije.

Svijetle pruge nas ne iznenađuju, no uočite da tamne pruge sugeriraju da se dva snopa svjetlosti u određenim uvjetima mogu poništiti (svjetlo i svjetlo daju tamu!), što je vrlo kontraintuitivno i iznenađujuće.

Put zraka svjetlosti se u određenim uvjetima može učiniti vidljivim (npr. pomoću dima, sitnih čestica pudera i sl.). Pogledajte sliku interferencije iz dviju pukotina dobivenu u tim uvjetima. Na što vas ona podsjeća?



(Iz Chun-Ming Chiang, Shih-Hsin Ma, Jyun-Yi Wu, and Yao-Chen Hung: **3-D Optical Path Drawing Method**, The Physics Teacher **57**, 179 (2019))

Učenici uočavaju sličnost rasporeda pruga konstruktivne i destruktivne interferencije kod svjetlosti i mehaničkih valova.

Završni dio

Zašto u svakodnevnom životu ne vidimo interferencijsku sliku kad je npr. upaljeno više žarulja?

Učenici zaključuju da ti izvori vjerojatno nisu koherentni.

Koherentne izvore svjetlosti nije lako dobiti. Nezavisni izvori, npr. dvije jednake žarulje to nikad nisu, jer ne titraju sinkrono, pa koherentne izvore svjetlosti postizemo obično tako da od jednog izvora napravimo dva (pomoću dviju pukotina, dva zrcala i sl.). (Eventualno se demonstrira pokus s dvije jednake svjetiljke – aplikacijski pokus.)

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

Što na kraju možemo zaključiti, koji model bolje opisuje svjetlost? Kako Youngov pokus utječe na vaš zaključak? Zapišite zaključak.

Učenici zaključuju da je Youngov pokus demonstrirao pojavu interferencije svjetlosti, koju valni model može objasniti, dok čestični model ne može. Zaključuju da je stoga valni model svjetlosti prikladniji za opis svjetlosti.