

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 4: INTERFERENCIJA SVJETLOSTI NA OPTIČKOJ REŠETCI - ISTRAŽIVANJE

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 interferencijsku sliku dobivenu pomoću optičke rešetke
- protumačiti značenje pojmova: konstanta optičke rešetke, središnji maksimum, maksimum k-tog reda
- istražiti o kojim veličinama i kako (kvalitativno) ovisi interferencijska slika dobivena pomoću optičke rešetke
- objasniti i primijeniti uvjet za maksimum interferencije na optičkoj rešetki, $d \sin \alpha = k\lambda$
- navesti primjere optičke rešetke u prirodi i svakodnevnom životu
- primijeniti matematička znanja u kontekstu fizike
- razvijati znanstveno zaključivanje (osmišljanje pokusa, kontrola varijabli)
- razvijati eksperimentalne vještine
- 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.

ikt C.5.4. Učenik samostalno i odgovorno upravlja prikupljenim informacijama.

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.

pod B.5.2. Planira i upravlja aktivnostima.

TIJEK SATA

Uvodni problem

UP: Za primjenu interferencije u znanosti i tehnici često se koriste ne samo dvije, već velik broj uskih, međusobno jednako udaljenih pukotina, koji se naziva optičkom rešetkom. Razmotrimo što bi se dogodilo s interferencijskim uzorkom iz Youngovog pokusa da obasjamo ne samo dvije, nego velik broj pukotina.

Pogledajmo sliku koju dobivamo optičkom rešetkom, koja ima 125 vertikalnih pukotina po svakom milimetru širine. Ako je promjer laserskog snopa 5 mm, obasjat ćemo čak 625 pukotina. Za početak ćemo rešetku obasjavati jednobojnom laserskom svjetlošću. (Nastavnik/ca učenicima pokazuje optičku rešetku, a potom izvodi pokus.)

POKUS 1: Interferencija monokromatske svjetlosti na optičkoj rešetki

Što opažate? Skicirajte i opišite dobiveni uzorak.

Učenici opažaju vrlo svijetle maksimume, međusobno jako razmaknute.

Kako su nastali ovi maksimumi?

Učenici zaključuju da su nastali interferencijom svjetlosti iz puno pukotina.

Ovo je također interferencijska slika, ali iz puno pukotina. Kako se ova slika razlikuje od slike dobivene pomoću dviju pukotina? (*Projeciramo obje slike.*)

Učenici uočavaju da su maksimumi kod optičke rešetke puno intenzivniji i razmaknutiji.

Zašto su maksimumi kod optičke rešetke većeg intenziteta?

Učenike vodimo do zaključka da su oni formirani od svjetlosti iz puno većeg broja pukotina, koje propuštaju više svjetlosti nego dvije pukotine, pa će i maksimumi biti intenzivniji.

Zašto su maksimumi razmaknutiji?

Učenici zaključuju da je to zato što je razmak među susjednim pukotinama puno manji kod optičke rešetke nego što je bio kod dviju pukotina, jer sada imamo puno više pukotina na malom prostoru.

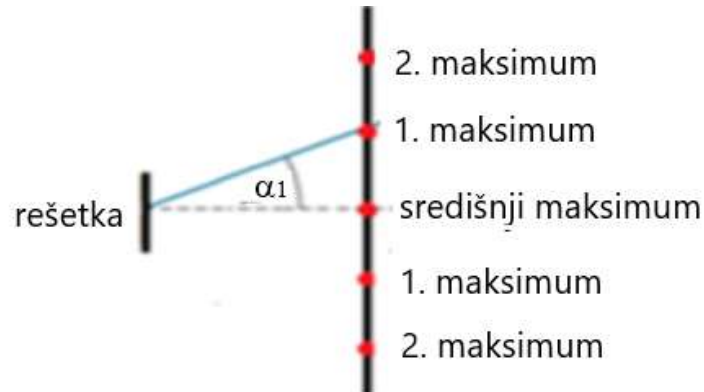
Na slici dobivenoj optičkom rešetkom uvodimo nazive središnji maksimum, maksimum prvog, drugog itd. reda, općenito k-tog reda, $k = 0, 1, 2...$

Kod Youngovog smo pokusa razmak između dviju pukotina označili s d . I kod optičke rešetke veličina d ima isto značenje, ali kako imamo puno tih pukotina, d se još naziva i konstantom rešetke, jer je udaljenost između svakih dviju susjednih pukotina rešetke jednaka (konstantna).

Kolika je konstanta rešetke koja ima npr. 125 zarezova po milimetru?

Učenici računaju $d = 1 \text{ mm}/125 = 8 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 8 \text{ }\mu\text{m}$.

Umjesto da gledamo razmak među maksimumima, rešetku ćemo opisati pomoću kuta α_k pod kojim vidimo k-ti maksimum, jer je taj kut isti na svim udaljenostima zastora, a razmak među maksimumima nije.



Središnji dio

Optička rešetka daje oštre, svijetle i razmaknute maksimume, zbog čega se koristi u raznim optičkim uređajima. Zato želimo analizirati sliku koju ona daje.

IP1: Kako se dobivena slika mijenja pri promjeni konstante rešetke i udaljenosti do zastora?

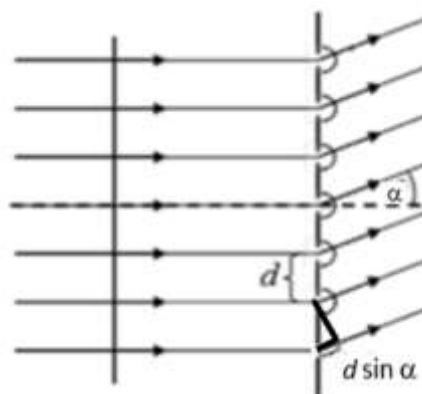
Formirajte male skupine i provedite istraživanja kvalitativno pomoću Listića 4.

Formulirajte i zapišite odgovore na IP1 i 2.

Nakon provedenog istraživanja rezultati se diskutiraju frontalno. Učenici zaključuju da je razmak među susjednim maksimumima to veći što je zastor udaljeniji, te što je veći broj pukotina po milimetru (odnosno manja konstanta rešetke). Kod obasjavanja bijelom svjetlošću uočavaju središnji bijeli maksimum i pojavu više spektara bijele svjetlosti s obiju njegovih strana.

Kako matematički opisati interferenciju svjetlosti na optičkoj rešetki?

Pogledajmo uvećanu sliku rešetke na koju upada laserska svjetlost.



Na slici smo prikazali samo dio svjetlosti koji iz pukotina izlazi pod istim kutem α_k i koja će formirati k -ti maksimum. Postoji svjetlost koja izlazi pod drugim kutovima iz pukotina, ali nju ovdje nismo prikazali. Razliku putova susjednih snopova svjetlosti možemo izraziti kao $d \sin \alpha_k$. Ona je jednaka za svaka dva susjedna snopa.

Kolika ta razlika mora biti da bi interferencija svih snopova bila konstruktivna?

Učenici zaključuju da mora vrijediti $d \sin \alpha_k = k \lambda$, $k = 0, 1, 2, \dots$

Matematički možemo stoga opisati interferenciju svjetlosti na optičkoj rešetci pomoću sljedeće formule:

$$d \sin \alpha_k = k \lambda, \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

O čemu ovaj izraz govori?

Učenici zaključuju da je kut pod kojim vidimo k -ti max to veći što je veća valna duljina svjetlosti i što je manja konstanta rešetke.

IP2: Kakva bi se slika dobila ako bismo rešetku obasjali bijelom svjetlošću? Što predviđate?

Učenici daju svoja predviđanja na temelju izraza koji opisuje interferenciju na optičkoj rešetci i činjenice da se bijela svjetlost sastoji od svjetlosti različitih valnih duljina. Predviđaju rasap svjetlosti po bojama (svaka boja pod drugim kutom).

Aplikacijski pokus: Učenike uputimo da stave upaljenu svjetiljku jednog mobitela na klupu, te da naizmjenice promatraju tu svjetiljku držeći optičku rešetku u ruci te da skiciraju i opišu dobivenu sliku.

Objasnite dobiveni raspored boja.

Veća valna duljina otklanja se pod većim kutem, zato je crvena svjetlost otklonjena više nego ljubičasta.

Zašto je središnji maksimum bijel?

Svjetlost svih boja prelazi jednake putove – konstruktivno interferira i ponovno čini bijelu boju.

Optička rešetka može rastaviti bijelu svjetlost na pojedine boje, zbog čega je vrlo korisna za razne uređaje u kojima je to potrebno postići, poput raznih spektroskopa, jer je puno jeftinija nego staklene prizme, a može dati i veći kut otklona svjetlosti nego prizma.

Završni dio

Interferencija svjetlosti odgovorna je za neke šarene uzorke koje susrećemo u svakodnevnom životu. Možda ste uočili boje koje se pojavljuju na CD-u ili DVD-u. Kako biste to objasnili, ako znate da se podaci spremaju na njih u velik broj vrlo uskih kružnih staza?

Učenici zaključuju da i oni djeluju kao neka vrsta optičke rešetke.

CD ili DVD je poput kružne optičke rešetke i osvijetljen bijelom svjetlosti daje maksimume koji se sastoje od cijelog spektra bijele svjetlosti. Sličan fenomen pojavljuje se i kod perja nekih ptica i šara leptira, koje nisu posljedica pigmenta, nego njihove strukture koja djeluje poput kombinacije optičke

rešetke i tankih slojeva, te omogućava pojavu boja. Takve boje u prirodi zovemo strukturnim bojama.

Konceptualno pitanje s karticama

Odaberite sve točne tvrdnje o optičkoj rešetki. Služite se izrazom $d \sin \alpha = k\lambda$ pri zaključivanju.

- A) Rešetka s većim brojem zarezata po mm širine dat će razmaknutije maksimume.
- B) Pri povećanju udaljenosti zastora od rešetke povećat će se kut pod kojim vidimo pojedini maksimum.
- C) Ako rešetku obasjamo bijelom svjetlošću, u svakom će spektru najviše biti otklonjena crvena svjetlost.

Ovdje učenici trebaju prepoznati odgovore A i C kao ispravne i argumentirati ih matematičkim izrazom, kao i povezati s rezultatima svojih pokusa.