

**MATERIJALI ZA NASTAVNU INTERVENCIJU, VERZIJA 3**

**NASTAVNA PRIPREMA 3: POVEZIVANJE YOUNGOVOG POKUSA S INTERFERENCIJOM MEHANIČKIH VALOVA I UVJETOM INTERFERENCIJE**

**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**

- odrediti geometrijsku razliku putova iz dvaju izvora do neke točke
- navesti i objasniti uvjet konstruktivne i destruktivne interferencije valova pomoću shematskog prikaza kružnog vala
- primijeniti uvjete konstruktivne i destruktivne interferencije na primjerima
- protumačiti sliku iz Youngovog pokusa pomoću mehaničkog modela
- odrediti razliku putova za maksimume i minimume na slici iz Youngovog pokusa
- opisati i kvalitativno objasniti pojavu interferencije na tankim listićima i Youngov pokus s bijelom svjetlošću
- razvijati sposobnost znanstvenog zaključivanja

**Ishodi međupredmetnih tema:**

**osr A.5.3.** Razvija svoje potencijale.

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

**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

**Uvodni problem (UP):** Razgovarali smo o interferenciji svjetlosti, ali vratimo se kratko još mehaničkim valovima, bit će nam potrebni za neke analogije. Ponekad u prirodi možemo vidjeti širenje više valova i njihovu interferenciju, kao npr. kad pada kiša po nekoj vodenoj površini.

Projicira se slika:

<https://i.pinimg.com/originals/c9/04/6a/c9046a5c4f9e7c812a2872bf66686f9f.jpg>

Pogledajmo kako to izgleda s dva koherentna izvora valova na vodi.

**Pokus (video):** Interferencija valova na vodi (<https://www.youtube.com/watch?v=wUZ6jtH6IEQ>)

### Što opažate?

Učenici uočavaju zrakasta područja konstruktivne i destruktivne interferencije.

**Vidjeli smo ranije da kod interferencije svjetlosti, slično kao i kod interferencije mehaničkih valova, na nekim mjestima dolazi do pojačanja (konstruktivne interferencije), a na drugima do poništavanja (destruktivne interferencije) O čemu to ovisi i kako možemo predvidjeti gdje će se dogoditi jedno, a gdje drugo?**

Učenici se prisjećaju da se za konstruktivnu interferenciju u promatranoj točki brijeg jednog vala susreće s brijegom drugog, dol jednog s dolom drugog, i tako za svaku drugu fazu vala. Za destruktivnu interferenciju se brijeg jednog vala mora susresti s dolom drugog vala i obratno.

**Kažemo da su valovi u prvom slučaju u fazi, a u drugom u protufazi.**

Projiciraju se ili crtaju primjeri valova u fazi i protufazi te rezultat njihovog zbroja, npr.

<https://cmtext.indiana.edu/acoustics/img/phase1.png>

<https://cmtext.indiana.edu/acoustics/img/phase2.png>

**Kako biste matematički zapisali uvjete za konstruktivnu i destruktivnu interferenciju valova iz dvaju izvora? Iskažite ih i riječima.**

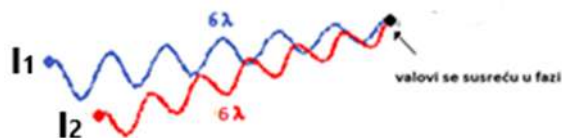
$$\Delta x = |x_2 - x_1| = k\lambda, \text{ za konstruktivnu interferenciju (} k = 0, 1, 2, \dots \text{)}$$

$$\Delta x = |x_2 - x_1| = (2k-1) \lambda/2 \text{ za destruktivnu interferenciju (} k = 1, 2, \dots \text{)}$$

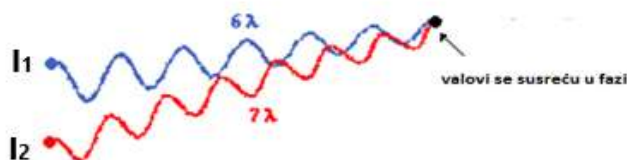
Razlika putova valova jednaka cijelom broju valnih duljina dat će konstruktivnu interferenciju, a razlika putova valova jednaka neparnom broju polovica valnih duljina dat će destruktivnu interferenciju.

**Protumačite te uvjete za primjere kad je razlika putova od izvora do promatrane točke 0,  $\lambda$  ili  $\lambda/2$ .**

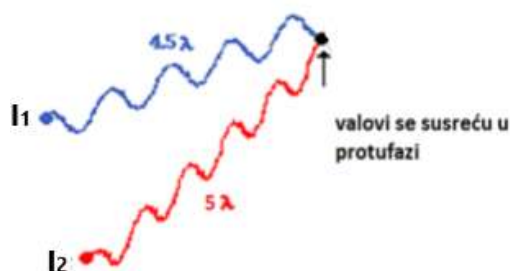
Ako je  $\Delta x = 0$ , valovi koji kreću u fazi (npr. oba s brijegom), prijeđu jednake putove do promatrane točke, ponovno se susreću u fazi (npr. oba s brijegom) i zato pojačaju.



Ako je razlika putova  $\lambda$ , jedan je od valova na svom putu napravio puni titraj više, ali će i dalje biti u fazi s drugim valom. Stoga će se ta dva vala pojačati.



Ako je razlika putova jednaka polovici valne duljine, to znači da će jedan val napraviti pola titraja više na svom putu, pa će se valovi susresti u protufazi, tj. ako je prvi val došao u promatranu točku s brijegom, drugi će doći s dolom i obratno.

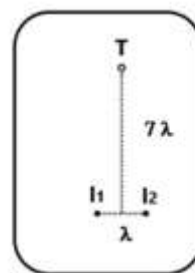


**Pogledajmo sada nekoliko primjera primjene ovoga uvjeta (konceptualna pitanja s karticama). Ključno je u svakom primjeru uočiti razliku putova i izraziti je u valnim duljinama.**

Pitanje 1. Slika prikazuje dva koherentna izvora valova na vodi,  $I_1$  i  $I_2$ , razmaknuta za jednu valnu duljinu ( $\lambda$ ), u posudi, promatranoj odozgor.

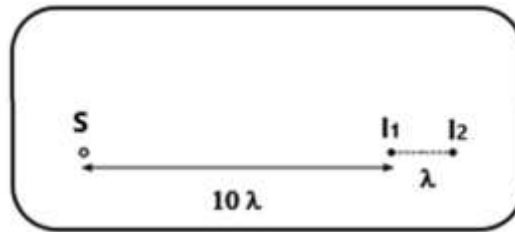
Kakva će biti interferencija u točki T, udaljenoj  $7\lambda$  od spojnice izvora?

- A) Destruktivna, jer je razlika putova jednaka  $\lambda/2$ .
- B) Konstruktivna, jer je razlika putova jednaka  $7\lambda$ .
- C) Destruktivna, jer je razlika putova jednaka  $7\lambda$ .
- D) Konstruktivna, jer je razlika putova jednaka nuli.



Učenici zaključuju da su putovi valova iz izvora do točke T jednaki, razlika putova je nula, stoga je interferencija konstruktivna.

Pitanje 2. Slika prikazuje dva koherentna izvora valova na vodi,  $I_1$  i  $I_2$ , razmaknuta za jednu valnu duljinu ( $\lambda$ ), u posudi, promatranoj odozgor.

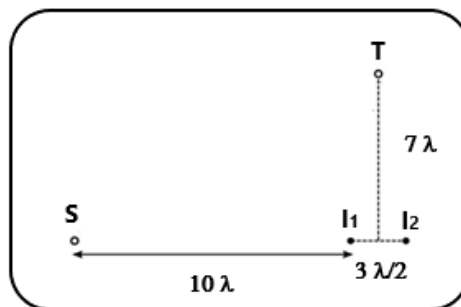


Kakva će biti interferencija u točki S, udaljenoj  $10\lambda$  od izvora  $I_1$ ?

- A) Konstruktivna, jer je razlika putova jednaka  $11\lambda$ .
- B) Destruktivna, jer je razlika putova jednaka  $10\lambda$ .
- C) Konstruktivna, jer je razlika putova jednaka  $\lambda$ .
- D) Destruktivna, jer je razlika putova jednaka  $\lambda$ .

Učenici zaključuju da val iz prvog izvora prevaljuje put od  $10\lambda$ , a iz drugog  $11\lambda$  do S. Razlika putova je jednaka  $\lambda$ , što znači da je interferencija konstruktivna.

Pitanje 3. Kakva će biti interferencija u točkama S i T u situaciji u kojoj su izvori razmaknuti za  $3/2$  valne duljine?



- A) Interferencija će u točki T biti konstruktivna, a u S destruktivna.
- B) U obje će točke interferencija biti konstruktivna.
- C) U obje će točke interferencija biti destruktivna.
- D) Interferencija će u točki S biti konstruktivna, a u T destruktivna.

Učenici ovdje uočavaju da je razlika putova jednaka nuli za točku T, a  $3\lambda/2$  do S, pa je u T interferencija konstruktivna, a u S destruktivna.

### Središnji dio

**Istraživačko pitanje (IP):** Kolike su razlike putova svjetlosti od izvora do maksimuma i minimuma na slici dobivenoj u Youngovom pokusu? Istražite to pomoću slike polukružnih fronti valova iz dvaju izvora.

*(Učenici provode istraživanje u grupama pomoću Listića 3A i 3B. Na mjestu označenom s Razredna rasprava rad u grupama se zaustavlja i diskutiraju odgovori. Potom se nastavlja rad u grupama. Na kraju se frontalno diskutiraju rezultati.)*

## Završni dio

Vidjeli smo na prošla dva sata da možemo postići interferenciju svjetlosti pomoću laserske monokromatske (jednoboje) svjetlosti. No, Thomas Young u 19. stoljeću nije imao laser, nego je svoj pokus radio s bijelom (Sunčevom) svjetlosti.

Pogledajte usporedbu dobivene slike s monokromatskom zelenom svjetlosti i ispod toga s bijelom svjetlosti. (Projicira se slika.)

<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTtIJbHzyV4s-bKZScCuI7aKI0NeZrh1kF3xl0jiKCEiJbFmOirgq&s>

### Što opažate?

Učenici opisuju razlike između dvaju uzoraka.

**Zašto se pojavljuju boje kad se koristi bijela svjetlost? Od čega se sastoji bijela svjetlost? Prisjetite se kako je razmak među prugama ovisio o boji svjetlosti u pokusu izvedenom prošli sat.**

Učenici se prisjećaju da je najveći razmak bio dobiven za crvenu svjetlost, dok je za zelenu bio manji. Bijela svjetlost se sastoji od svih valnih duljina u području 400 nm do 750 nm, što obuhvaća sve boje duginog spektra.

**Možete li na temelju uvjeta interferencije objasniti zašto je središnja pruga bijela?**

Učenici zaključuju da je razlika putova svjetlosti od pukotina do središnje pruge jednaka nuli za svaku boju svjetlosti, pa će se one u sredini opet sastaviti u bijelu svjetlost.

**Možda ste vidjeli ponekad šarene pruge na mjehurima sapunice ili tankim slojevima ulja. Na slici je prikazana vertikalna tanka opna od sapunice obasjana bijelom svjetlošću. (projiciramo)**

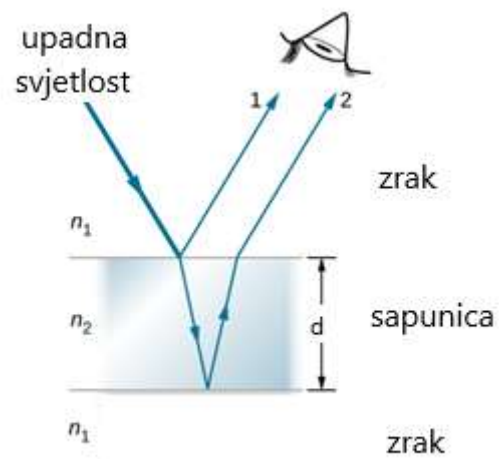
<https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQMj68JK0YwTahei2eSZKWEXG7DRDCGCDtINYeG4zj-tVpIDomv&s>

### Što opažate na slici i kako to tumačite?

Učenici opažaju naizmjenične šarene pruge, uočavaju djelomičnu sličnost sa šarenim prugama dobivenim u Youngovu pokusu s bijelom svjetlošću. Zaključuju da bi se moglo i ovdje raditi o interferenciji svjetlosti.

**Doista se i ovdje radi o interferenciji svjetlosti, no izvori nisu dvije pukotine kao kod Youngovog pokusa. Interferencija svjetlosti se može postići i pomoću tankih slojeva prozirne tvari poput sapunice ili ulja (ponekad ih zovemo tankim listićima), tako da interferira svjetlost koja se reflektira s gornje i donje granice sloja te ovisno o debljini sloja dobivamo pojačanje ili poništenje pojedinih boja.**

(Ukoliko vrijeme dozvoljava, diskutira se donja slika.)



Prilagođeno prema [https://opentextbc.ca/universityphysicsv3openstax/wp-content/uploads/sites/273/2019/07/CNX\\_UPhysics\\_36\\_04\\_FilmInter-1.jpg](https://opentextbc.ca/universityphysicsv3openstax/wp-content/uploads/sites/273/2019/07/CNX_UPhysics_36_04_FilmInter-1.jpg)