

Jakov Labor
Jasmina Zelenko Paduan

Fizika⁴

Zbirka zadataka iz fizike za četvrti razred gimnazije

2. izdanje



2022.



Nakladnik

ALFA d. d. Zagreb

Nova Ves 23a

Za nakladnika

Miro Petric

Direktorica nakladništva

mr. sc. Daniela Novoselić

Urednik za Fiziku u srednjoj školi

Jakov Labor

Recenzija

mr. sc. Josip Paić

Lektura i korektura

Kristina Ferenčina

Likovno i grafičko oblikovanje

Irena Lenard

Ilustracija

shutterstock.com

Jasmina Zelenko Paduan

Jakov Labor

Fotografija

shutterstock.com

Tehnička priprema

Alfa d. d.

Tisak

Og grafika d. o. o.

Proizvedeno u Republici Hrvatskoj, EU

Drugi obrazovni materijal odobrila je Agencija za odgoj i obrazovanje od **13. svibnja 2021.: KLASA: 602-09/21-01/186, URBROJ: 561-08/14-21-3.**

©Alfa

Ova knjiga, ni bilo koji njezin dio, ne smije se umnožavati ni na bilo koji način reproducirati bez nakladnikova pismenog dopuštenja.

Sadržaj

Elektromagnetsko zračenje	Elektromagnetski val	8
	Spektar elektromagnetskog zračenja	10
Valna optika	Interferencija svjetlosti iz dvaju izvora	14
	Interferencija svjetlosti na tankim prozirnim slojevima	18
	Ogib svjetlosti na pukotini	21
	Optička rešetka	24
	Polarizacija svjetlosti (I)	28
	Test za samoprocjenu 1 i 2	32
Valno-čestična svojstva elektromagnetskog zračenja i tvari	Fotoelektrični učinak	36
	Valno-čestična svojstva elektromagnetskog zračenja i tvari	42
	Heisenbergovo načelo neodređenosti (I)	44
	Spektri	48
Modeli atoma	Rani modeli atoma	49
	Bohrov model atoma	50
	Kvantnomehanički model atoma	55
	Laseri (I)	58
	Test za samoprocjenu 3 i 4	60
Atomske jezgre i nuklearne reakcije	Građa atomske jezgre	64
	Energija vezanja jezgre	68
	Nuklearne reakcije	71
	Nuklearna fisija i fuzija	73
Radioaktivnost	Radioaktivnost	78
	Zakon radioaktivnog raspada	81
	Djelovanje ionizirajućeg zračenja na čovjeka	86
	Test za samoprocjenu 5 i 6	88
Specijalna teorija relativnosti	Konstantnost brzine svjetlosti	92
	Produljenje vremenskog intervala i skraćenje duljine	94
	Masa i energija (I)	98
Nastanak i struktura svemira	Fundamentalne sile	102
	Elementarne čestice (I)	104
	Nastanak i razvoj svemira	106
	Razvoj zvijezda (I)	108
	Test za samoprocjenu 7 i 8	110
	Rješenja zadataka	112
	Tablice	129

Predgovor

Ova zbirka zadataka prati udžbenik *Fizika 4* (Jakov Labor i Jasmina Zelenko Paduan) za gimnazije u Republici Hrvatskoj. Zadatci su grupirani po poglavljima.

Na početku svake cjeline (koje slijede cjeline udžbenika) jest sažetak u obliku mentalne mape koja sadrži sve potrebne definicije fizičkih veličina i fizičke zakone te pomaže objediniti i povezati gradivo pojedine cjeline i srodnih cjelina.

Na kraju je svake cjeline test za samoprocjenu (10 zadataka koji pokrivaju gradivo te cjeline) s bodovanjem i kriterijem ocjenjivanja. Unutar jednog poglavlja zadatci su poredani po stupnju složenosti i po temama. Zadatci veće složenosti obuhvaćaju koncepte iz više poglavlja, čime se podupire spiralno učenje. Dvije su vrste zadataka, i to u podjednakom broju: konceptualni i numerički. Konceptualni prethode numeričkima.

Konceptualni zadatci

Konceptualni zadatci ili ne uključuju matematičke operacije ili su one minimalno zahtjevne i provode se napamet, bez kalkulatora. Njima se provjerava razumijevanje koncepata i odnosa među veličinama unutar fizičkih zakona, kao i njihova primjena u argumentiranju odgovora. Krajnji je njihov cilj ujedno najzahtjevniji: naučiti znanstveno razmišljati. Konceptualni su zadatci u formi zadataka objektivnog tipa.

Način i strategija rješavanja konceptualnih zadataka

U zbirci se nalaze:

- 1. Zadatci kratkog odgovora.** Odgovor treba sažeti u jednu ili dvije rečenice i pritom se pozvati na odgovarajući koncept ili zakon.
- 2. Zadatci višestrukog izbora.** Uvijek je samo jedan ponuđeni odgovor točan. Učenik treba kontrolirati svoj eventualni poriv za nagađanjem i izabiranjem odgovora „po osjećaju”, koji zna biti varljiv. Može pomoći ako se prvo potraže odgovori koji su očito pogrešni. Zatim se treba koncentrirati na preostale odgovore i pronaći definicije veličina i/ili zakone koji su primjenjivi na zadani problem. Skica vrlo često pomaže. Učenik bi trebao osvijestiti, prije nego pogleda rezultat, koliko je siguran u svoj izbor i koliko ga jasno može obraniti.
- 3. Zadatci rangiranja (usporedbe).** U njima se traži usporedba (najčešće tri) iznosa neke veličine. Učenik ima slobodu poredati ih od najmanjega do najvećega ili obrnutim redoslijedom, informacija je u obama slučajevima ista. Dopusšteno je da dvije od triju veličina budu jednake, što treba naglasiti u odgovoru. Moguće je da čak i sve tri veličine budu jednake.

Numerički zadatci

Ni konceptualni ni numerički zadatci ne funkcioniraju jedni bez drugih. Numerički zadatci omogućuju učenicima stjecanje sigurnosti u primjeni jednostavnih kvantitativnih odnosa. Matematika ovdje ima podređenu funkciju, rješavač treba kontrolirati brojeve, a ne obrnuto. Ponekad učenici skliznu u „šuti i računaj” način rješavanja numeričkih zadataka ne sagledavajući kontekst zadatka, ne pitajući se je li moguć i neki drugi pristup rješavanju i ne procjenjujući dobiveni rezultat. Zato će pomoći ova strategija:

Strategija rješavanja numeričkih zadataka

1. Pažljivo pročitaj situaciju koju opisuje zadatak vizualizirajući pritom što se događa.
2. Nacrtaj skicu situacije i/ili pogodan graf.
3. Ispiši koje su veličine zadane, a koje se traže. To je praktično napraviti na skici ili grafu.
4. Razmisli koje se definicije veličina i/ili zakoni primjenjuju na zadani problem. U tome će ti pomoći mentalne mape strateški raspoređene po zbirci, kao i udžbenik.
5. Ako to zadatak dopušta, procijeni kakav rezultat očekuješ.
6. Kontroliraj mjerne jedinice: treba li pretvarati jedinice zadanih veličina ili to nije nužno? U kojim ćeš mjernim jedinicama dobiti rezultat? Imaj na umu da su mjerne jedinice moćno oružje za provjeru valjanosti svake jednadžbe: one moraju biti jednake na objema stranama jednadžbe.
7. Provedi račun napamet ili kalkulatorom.
8. Zapitaj se je li dobiveni rezultat u skladu sa stvarnošću ili nije.
9. Pogledaj rješenje!

Redni brojevi svih zadataka u određenoj su boji. Zadatci zelene boje označavaju provjeravanje razumijevanja i primjene samo jednog koncepta ili zakona; zadatci označeni žuto bave se analizom dvaju do triju koncepata, a oni označeni crveno povezuju najveći broj koncepata i imaju veći broj koraka u rješavanju. Najsloženiji među njima dodatno su označeni zvjezdicom. No ne zadirite od crveno označenih zadataka: ako niste spremni za njih, možete prvo riješiti sve zelene i žute zadatke. Na kraju zbirke rješenja su svih zadataka i tablice.

Uspješan, pa čak i zabavan rad žele vam autori!

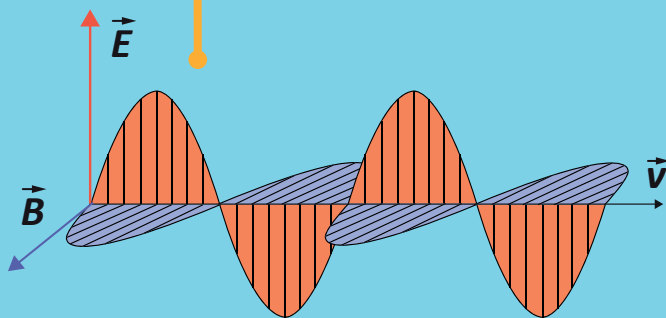
ELEKTROMAGNETSKO ZRAČENJE

ELEKTROMAGNETSKI VALOVI

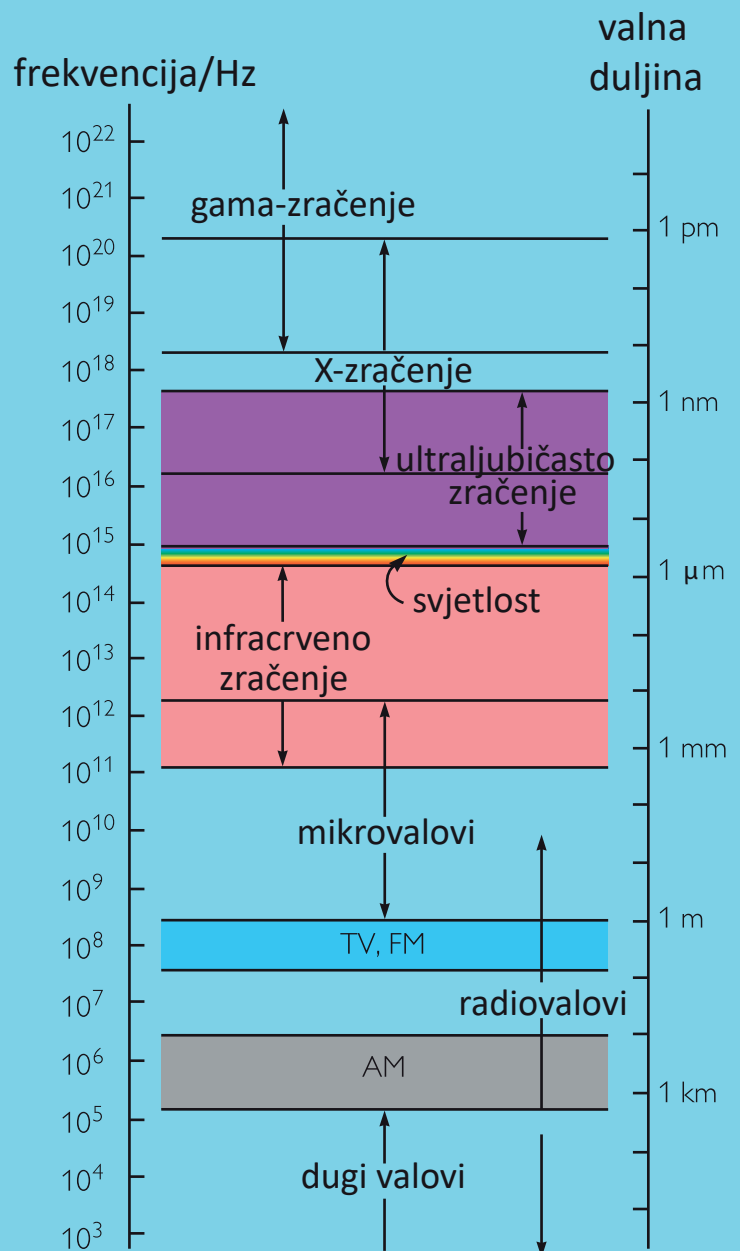
brzina u
vakuumu

$$c = \lambda \cdot f$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



SPEKTAR ELEKTROMAGNETSKOG ZRAČENJA



Elektromagnetsko zračenje 1.

- ELEKTROMAGNETSKI VAL
- SPEKTAR ELEKTROMAGNETSKOG ZRAČENJA



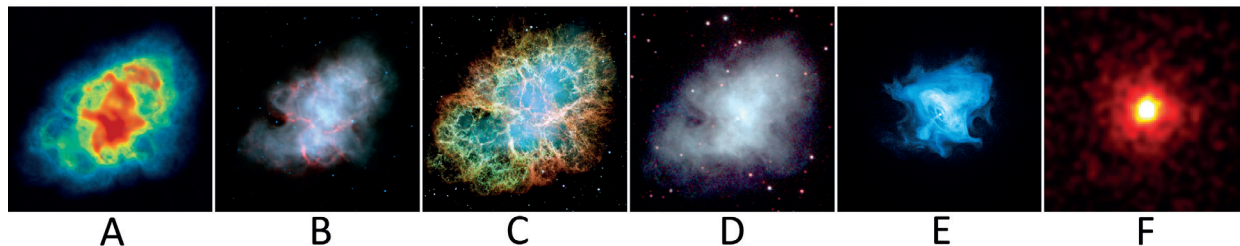
Elektromagnetski val

1. U elektromagnetskom valu titraju:
 - a) elektroni
 - b) frekvencije
 - c) polja
 - d) sinusoide.
2. Elektromagnetski val nastaje titranjem:
 - a) elektrona
 - b) frekvencija
 - c) polja
 - d) sinusoida.
3. Elektron **ne** emitira elektromagnetsko zračenje kada se giba:
 - a) ubrzano po pravcu
 - b) jednoliko po pravcu
 - c) usporeno po pravcu
 - d) jednoliko po kružnici.
4. Elektromagnetski se val:
 - a) širi većom brzinom u vodi nego u zraku
 - b) širi manjom brzinom u vodi nego u zraku
 - c) širi jednakom brzinom u vodi i zraku
 - d) ne može širiti u vakuumu.
5. U vakuumu je brzina elektromagnetskog vala:
 - a) veća za valove veće valne duljine
 - b) veća za svjetlost nego za radiovalove
 - c) manja za valove veće valne duljine
 - d) neovisna o valnoj duljini.
6. Fazna razlika između električnog i magnetskog polja u elektromagnetskom valu iznosi:
 - a) 0
 - b) $\pi/2$
 - c) π
 - d) 2π .
7. Antena koja emitira elektromagnetske valove nalazi se na y-osi koordinatnog sustava. Da bi prijam bio najbolji, prijamna antena:
 - a) mora biti na x-osi
 - b) mora biti paralelna s y-osi
 - c) mora biti na z-osi
 - d) mora biti u xz-ravnini.
8. Koje su od izjava o elektromagnetskom valu istinite?
 - a) Promjenjivo električno i magnetsko polje stvaraju jedno drugo.
 - b) Elektromagnetski val može se širiti samo kroz vakuum.
 - c) Magnetski val, bez prisutnosti električnog vala, ne postoji.
 - d) Amplitude električnog i magnetskog polja jednake su.
 - e) Vektori električnog i magnetskog polja međusobno su okomiti.
 - f) Ne postoji longitudinalni elektromagnetski val.
 - g) Toplina se, osim dodirrom i konvekcijom, može prenijeti i elektromagnetskim valovima.

9. Ispravno poveži dio rečenice označen latiničnim slovom s dijelom rečenice označenim grčkim slovom.
- | | |
|--|--|
| a. Oko nabijene čestice koja miruje postoji | α . i električno i magnetsko polje. |
| b. Oko vodiča kojim prolazi struja postoji | β . elektromagnetski val. |
| c. Oko nabijene čestice koja se giba jednoliko po pravcu postoji | γ . samo magnetsko polje. |
| d. Oko nabijene čestice koja se giba akcelerirano postoji | δ . samo električno polje. |
10. Maxwell je zaključio:
- da električni naboj stvara električno polje
 - da promjenjivo magnetsko polje stvara električno polje
 - da promjenjivo električno polje stvara magnetsko polje
 - da električna struja stvara magnetsko polje.
11. Što se od navedenog odnosi: **a.** samo na mehanički val, **b.** samo na elektromagnetski val, **c.** na obje vrste vala?
- zvuk
 - svjetlost
 - ne može se gibati brzinom c
 - ne može se gibati kroz vakuum
 - ima valnu duljinu i amplitudu
 - za brzinu vrijedi izraz $v = \lambda \cdot f$
 - može biti longitudinalan
 - može biti transverzalan
 - nastaje titranjem u izvoru
 - brži je kroz zrak nego kroz vodu
 - brži je kroz vodu nego kroz zrak
12. Elektromagnetski val odaslan sa Zemlje odbije se od Mjesečeve površine i vrati na Zemlju nakon 2,54 s. Kolika je udaljenost Mjeseca od Zemlje?
13. Kada bi zvijezda Sjevernjača danas prestala emitirati svjetlost, nakon koliko je godina više ne bismo vidjeli? Uzmi da udaljenost Sjevernjače od Zemlje iznosi $6,44 \cdot 10^{18}$ m.
14. Važna vijest prenosi se putem radiovalova do ljudi koji sjede uz radioprijamnik udaljen 100 km od odašiljača i zvučnim valovima do ljudi koji sjede 3 m daleko od izvjestitelja. Koji će slušatelj prvi primiti vijest? Uzmi da brzina zvuka u zraku iznosi 343 m s^{-1} .
15. Takozvana poluvalna antena ima duljinu jednaku polovini valne duljine elektromagnetskog vala. Kolika je duljina poluvalne automobilske antene koja prima elektromagnetske valove frekvencije 94 MHz?
16. **a.** Kolika je valna duljina elektromagnetskog vala frekvencije 1 kHz?
b. Kolika je valna duljina zvučnog vala frekvencije 1 kHz? Brzina zvuka iznosi 343 m s^{-1} .
c. Možemo li čuti elektromagnetski val frekvencije 1 kHz?

Spektar elektromagnetskog zračenja

1. Rakova maglica, ostatak supernove, snimljena je teleskopima u različitim područjima elektromagnetskog spektra. Šest je snimaka poredano prema sve većim frekvencijama. Pridruži svakoj slici jedno područje: vidljivo, ultraljubičasto, infracrveno, rendgensko, radio i područje gama-zračenja.



2. Toplinsko zračenje dio je:

- a) svjetlosnog spektra
- b) ultraljubičastog spektra
- c) infracrvenog spektra
- d) rendgenskog spektra.

3. Radioval i rendgenski val koji se gibaju kroz vakuum imaju jednake:

- a) frekvencije
- b) brzine
- c) valne duljine
- d) i frekvencije i brzine.

4. U usporedbi s radiovalom, rendgenski val (oba su vala u vakuumu) uvijek ima veću:

- a) frekvenciju
- b) brzinu
- c) valnu duljinu
- d) amplitudu.

5. U usporedbi s polumjerom atoma, koji iznosi približno 10^{-10} m, valna je duljina svjetlosti:

- a) mnogo veća
- b) približno jednaka
- c) mnogo manja.

6. Koje područje elektromagnetskog zračenja pokriva najmanji opseg frekvencija?

- a) gama-zrake
- b) ultrakratki valovi
- c) infracrveno zračenje
- d) svjetlost

7. Ljudsko tijelo emitira:

- a) ultraljubičasto zračenje
- b) svjetlost
- c) infracrveno zračenje
- d) mikrovalno zračenje.

8. Ozonski omotač apsorbira dio:

- a) svjetlosnog spektra
- b) ultraljubičastog spektra
- c) infracrvenog spektra
- d) rendgenskog spektra.

9. Ispravno poveži vrstu elektromagnetskih valova i njezin izvor.

- | | |
|--------------------------|-----------------------------------|
| a. radiovalovi | α. atomska jezgra |
| b. ultraljubičaste zrake | β. brzi elektroni pri usporavanju |
| c. rendgenske zrake | γ. LC krugovi |
| d. gama-zrake | δ. iskra pri zavarivanju |

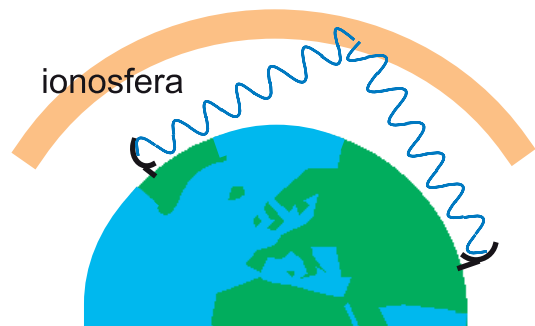
10. Ispravno poveži vrstu elektromagnetskih valova i njezinu upotrebu.

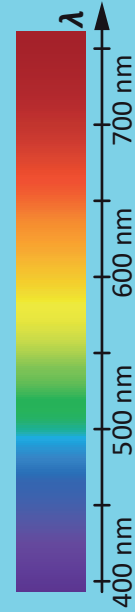
- | | |
|--------------------------|---------------------------------|
| a. infracrveni valovi | α. u solariju |
| b. mikrovalovi | β. ublažavanje napetosti mišića |
| c. rendgenske zrake | γ. „slikanje” zuba |
| d. ultraljubičaste zrake | δ. komunikacija putem mobitela |

11. Ljudsko je oko najosjetljivije na zelenožutu svjetlost valne duljine 550 nm. Kolika je frekvencija te svjetlosti?

12. Radiostanica emitira program na frekvenciji 100 MHz.

- a. Izračunaj valnu duljinu tih valova.
- b. Bi li se taj program mogao prenositi na velike udaljenosti refleksijom od atmosfere? Obrazloži odgovor.





VALNA PRIRODA SVJETLOSTI

konstruktivna

$$\delta = k\lambda$$

destruktivna

$$\delta = \frac{2k+1}{2}\lambda$$

INTERFERENCIJA

koherentnih valova svjetlosti

OGIB

NA TANKIM SLOJEVIMA



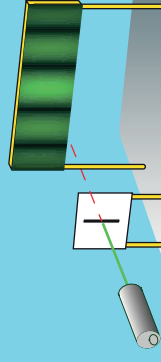
pomak u razlici hoda pri refleksiji

na rjeđem sredstvu: 0

na gušćem sredstvu: $\frac{\lambda}{2}$

NA PUKOTINAMA

na jednoj pukotini



svijetle pruge (3)

$$dsin\alpha_k = \frac{2k+1}{2}\lambda$$

tamne pruge

$$dsin\beta_k = k\lambda$$

$k = 1, 2, \dots$

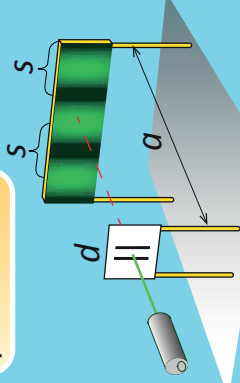
polaroidom



Brewsterov zakon

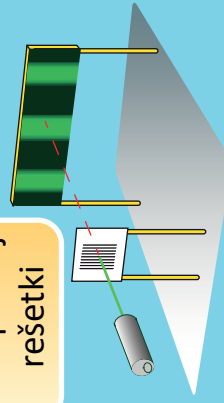
$$tg\alpha_B = n$$

na dvjema pukotinama



$$\lambda = \frac{s \cdot d}{a} \quad (3)$$

na optičkoj rešetki



konstanta rešetke

$$d = \frac{1}{N}$$

broj zareza po 1 m

svijetle pruge (3)

$$dsin\alpha_k = k\lambda$$

$k = 0, 1, 2, \dots, k_m$

$$k_m = \frac{d}{\lambda}$$

POLARIZACIJA (I)

nepolarizirana svjetlost



polarizirana svjetlost



raspršenjem

refleksijom

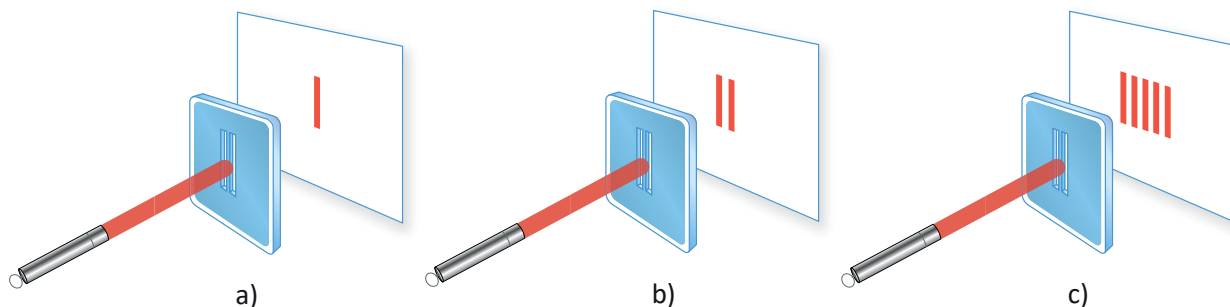
Valna optika 2.

- INTERFERENCIJA SVJETLOSTI IZ DVAJU IZVORA
- INTERFERENCIJA SVJETLOSTI NA TANKIM PROZIRNIM SLOJEVIMA
- OGIB SVJETLOSTI
- OPTIČKA REŠETKA
- POLARIZACIJA SVJETLOSTI (I)



Interferencija svjetlosti iz dvaju izvora

1. Koji crtež najbolje prikazuje što se vidi na zastoru kada lasersko svjetlo upadne na dvije uske i tanke pukotine?



2. Dva su svjetlosna vala koherentna samo kada im je razlika hoda:

- a) jednaka nuli
- b) jednaka neparnom broju polovina valne duljine
- c) jednaka cijelom broju valnih duljina
- d) nepromjenjiva.

3. Koherentni valovi imaju jednake (više je točnih odgovora):

- a) amplitude
- b) frekvencije
- c) iznose brzina
- d) valne duljine.

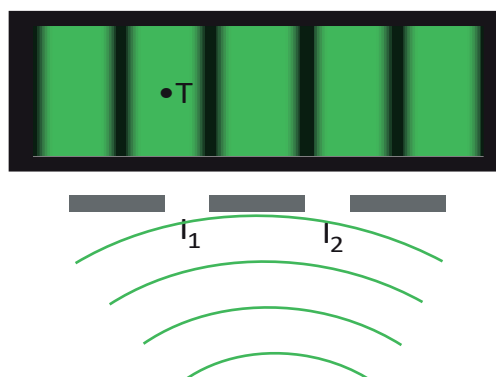
4. Kada svjetlost iz dvaju koherentnih izvora pustimo na dvije uske i bliske pukotine, na zastoru vidimo interferencijske pruge. Pritom je fazni pomak među svjetlosnim valovima:

- a) jednak nuli samo na središnjoj svijetloj prugi
- b) jednak nuli na svim svijetlim prugama
- c) jednak nuli na svim tamnim prugama
- d) različit od nule u svim točkama interferencijske slike.

5. Iz dviju pukotina izlaze koherentni svjetlosni valovi i na zastoru stvaraju interferencijske pruge (slika).

Razlika udaljenosti točke T od izvora I_1 i I_2 :

- a) jednaka je valnoj duljini svjetlosti
- b) jednaka je razmaku između pukotina
- c) jednaka je polovini valne duljine svjetlosti
- d) može se izračunati samo iz nepravilnog trokuta s vrhovima u točkama T, I_1 i I_2 .



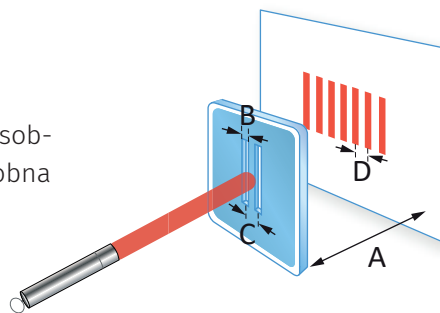
6. Svjetlost valne duljine 500 nm upada na dvije pukotine i na zastoru iza pukotina stvara interferencijsku sliku. Ako se putovi zraka od pukotina do neke točke na zastoru razlikuju za 250 nm, što vidimo u toj točki?

- a) tamu
- b) svjetlo
- c) polutamu

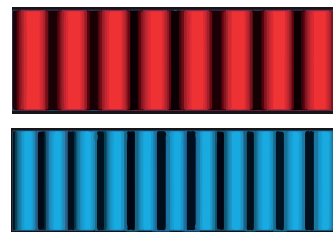
7. (3) Da bi se Youngovim pokusom mogla odrediti valna duljina svjetlosti, potrebno je znati:

- a) A, B, C i D
- b) A, B i C.
- c) A, C i D.
- d) B, C i D.

A – udaljenost zastora od pukotina,
B – širina jedne pukotine, C – međusobna udaljenost pukotina, D – međusobna udaljenost dviju susjednih pruga



8. (3) Kroz dvije uske i bliske pukotine propustimo prvo crvenu svjetlost, a zatim plavu (slika). Ako valna duljina crvene svjetlosti iznosi 650 nm, procijeni valnu duljinu plave svjetlosti.



9. (3) Najveći je razmak između susjednih pruga interferencijske slike dobivene dvostrukom pukotinom u slučaju:

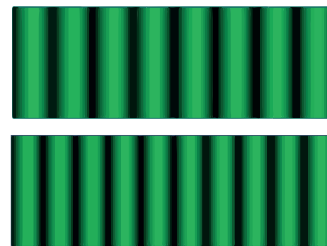
- a) crvene svjetlosti i manjeg razmaka pukotina
- b) plave svjetlosti i manjeg razmaka pukotina
- c) crvene svjetlosti i većeg razmaka pukotina
- d) plave svjetlosti i većeg razmaka pukotina.

10. (3) Na zastoru smo dobili interferencijsku sliku monokromatske svjetlosti iz dviju uskih i bliskih pukotina. Ako povećamo udaljenost pukotina od zastora i međusobnu udaljenost pukotina 2 puta, udaljenost susjednih svijetlih pruga na zastoru:

- a) smanjit će se na polovinu početnog iznosa
- b) neće se promijeniti
- c) povećat će se 2 puta
- d) povećat će se 4 puta.

11. (3) Na gornjoj slici prikazane su pruge nastale interferencijom svjetlosti iz dviju uskih i bliskih pukotina. Što je potrebno učiniti da pruge izgledaju kao na donjoj slici?

- a) Smanjiti intenzitet svjetlosti.
- b) Smanjiti valnu duljinu svjetlosti.
- c) Smanjiti međusobnu udaljenost pukotina.
- d) Približiti zastor pukotinama.

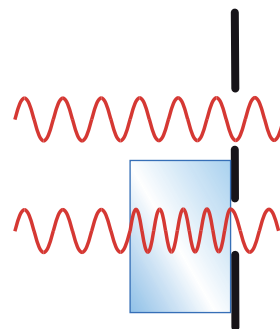


12. Snop svjetlosti može interferirati s drugim snopom. Iz toga se može zaključiti da je svjetlost:

- a) longitudinalni val
- b) transverzalni val
- c) elektromagnetski val
- d) val.

13. Ispred jedne od dviju Youngovih pukotina stavili smo staklenu pločicu kako prikazuje slika. Nakon toga će na zastoru iza pukotina:

- a) središnja interferencijska pruga biti svijetla
- b) središnja interferencijska pruga biti tamna
- c) interferencijske pruge nestati jer izvori više nisu koherentni.
- d) interferencijske pruge biti mutne i deformirane.



14. Kada bismo Youngov pokus izvodili pod vodom, razmak među susjednim interferencijskim prugama bio bi:

- a) manji nego u zraku
- b) veći nego u zraku
- c) jednak onomu u zraku.

15. (3) U eksperimentu s dvjema pukotinama učenici upotrebljavaju laser koji daje svjetlost valne duljine 632,8 nm. Učenik postavlja zastor na udaljenost 1 m od pukotina i vidi da je prva svijetla pruga udaljena 65,5 mm od središnje pruge. Koliki je razmak među pukotinama?

16. (3) Žuta svjetlost valne duljine 596 nm prolazi kroz dvije pukotine međusobno udaljene $2,25 \cdot 10^{-5}$ m i stvara interferencijsku sliku na zastoru. Ako je udaljenost prve žute pruge od središnje 2 cm, kolika je udaljenost zastora od pukotina?

17. (3) Dvije uske pukotine, međusobno udaljene 0,1 mm, obasjane su laserskom svjetlošću. Na zastoru udaljenom 4 m od pukotina nalazi se zastor na kojem se vidi interferencijska slika. Razmak između susjednih tamnih pruga iznosi 2,15 cm.

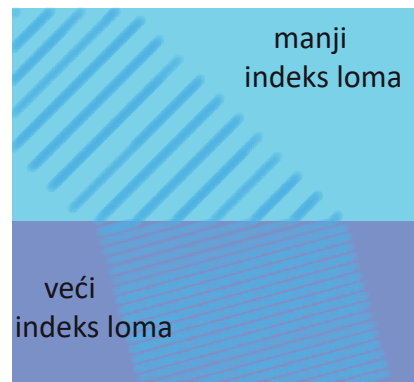
- a. Koliko iznosi valna duljina laserske svjetlosti?
- b. Koliki bi bio razmak među susjednim tamnim prugama da su pukotine obasjane svjetlošću valne duljine 632,8 nm?

- 18.** (3) Razmak između pukotina u Youngovu pokusu 1 000 je puta veći od valne duljine upotrijebljene svjetlosti, a zastor na kojem se vidi interferencijska slika udaljen je od njih 3,3 m. Kolika je udaljenost između dviju susjednih svijetlih pruga?
- 19.** (3) Zastor na kojem se u Youngovu pokusu vide interferencijske pruge udaljen je 1,2 m od pukotina. Razmak između pukotina iznosi 0,03 mm. Druga svijetla pruga udaljena je 4,5 cm od središnje pruge.
- Izračunaj udaljenost između susjednih svijetlih pruga.
 - Odredi valnu duljinu svjetlosti.
- 20.** (3) Kroz dvije vrlo uske pukotine međusobno udaljene 0,4 mm prolazi monokromatska svjetlost valne duljine 442 nm. Kolika mora biti udaljenost zastora od pukotina da se tamne pruge pojave nasuprot objema pukotinama sa samo jednom svijetlom prugom između njih?
- 21.** (3) Youngove pukotine međusobno su udaljene 0,15 mm, a zastor je udaljen od njih 140 cm. Ako pukotine osvjetlimo svjetlošću valne duljine 643 nm, što će biti u točki koja je od središnje svijetle pruge udaljena 1,8 cm: svjetlo, potpuna tama ili nešto između?
- 22.** (3) Zelena svjetlost valne duljine 540 nm prolazi kroz dvije pukotine i stvara interferencijsku sliku na zastoru udaljenom 120 cm. Udaljenost između središnje svijetle i treće tamne pruge iznosi 18 mm. Koliki je razmak među pukotinama?
- 23.** (3) Na Youngove pukotine, međusobno udaljene 0,15 mm, upada svjetlost valnih duljina 540 nm i 450 nm. Interferencijska slika vidi se na zastoru udaljenom 1,4 m od pukotina. Izračunaj najmanju udaljenost od središnje svijetle pruge do točke u kojoj se preklapaju svijetle pruge obiju valnih duljina.
- 24.** (3) U pokusu s dvjema pukotinama utvrđeno je da plava svjetlost valne duljine 480 nm daje drugu svijetlu prugu u nekoj točki zastora. Koja bi valna duljina (boja) dala tamnu prugu u istoj točki? Koji bi bio redni broj te pruge?

Interferencija svjetlosti na tankim prozirnim slojevima

1. Što se od nabrojenog **ne** dogodi s valom kada iz sredstva manjeg indeksa loma uđe u sredstvo većeg indeksa loma?

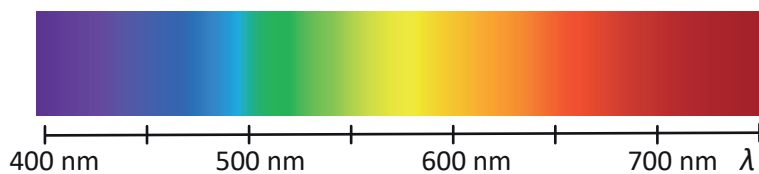
- a) Promijeni se smjer širenja.
- b) Smanji se brzina.
- c) Smanji se valna duljina.
- d) Poveća se frekvencija.



2. Koliki je omjer: **a.** brzina, **b.** valnih duljina i **c.** frekvencija monokromatske svjetlosti u vakuumu i vodi indeksa loma $\frac{4}{3}$?

3. Valna duljina neke boje u staklu jednaka je valnoj duljini neke druge boje u zraku. Indeks loma stakla iznosi 1,5. Ako je jedna boja narančasta, druga je:

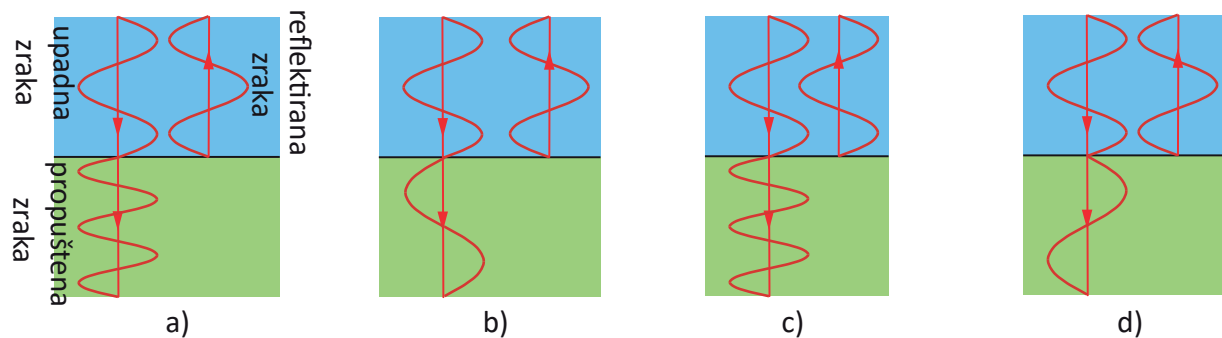
- a) tamnocrvena
- b) ljubičasta
- c) plava
- d) žuta.



4. Ulaskom u sredstvo indeksa loma n , valna se duljina svjetlosti n puta _____, na jednakom putu kao u zraku stane n puta _____ valnih duljina, drugim riječima optički se put ____ n puta.

- a) poveća, manje, smanji
- b) smanji, manje, poveća
- c) smanji, više, poveća
- d) poveća, više, smanji

5. Svjetlosni val upada okomito na granicu dvaju sredstava, gdje se djelomično reflektira, a djelomično prolazi. Koja slika to ispravno prikazuje? Obrazloži svoj izbor.



6. Na opnu od sapunice okomito upada svjetlost valne duljine λ . Reflektirana svjetlost interferira destruktivno ako je debljina opne jednaka:

- a) četvrtini valne duljine u sapunici
- b) polovini valne duljine u sapunici
- c) četvrtini valne duljine u zraku
- d) polovini valne duljine u zraku.



7. Na antirefleksijski sloj okomito upada svjetlost valne duljine λ . Reflektirana svjetlost interferira destruktivno ako je debljina sloja jednaka:

- a) četvrtini valne duljine u sloju
- b) polovini valne duljine u sloju
- c) četvrtini valne duljine u zraku
- d) polovini valne duljine u zraku.

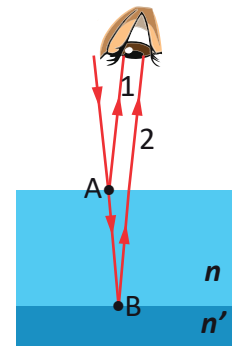


8. Svjetlost se od gornje površine tankog sloja reflektira kao mehanički val od slobodnog kraja, a od donje površine kao mehanički val od učvršćenog kraja u slučaju:

- a) antirefleksijskog sloja
- b) opne balona sapunice
- c) tankog sloja ulja na vodi
- d) tankog sloja zraka između dvaju stakalaca.

9. O čemu **ne** ovisi razlika hoda zraka reflektiranih od gornje i donje površine tankog sloja prikazanog na slici?

- a) o indeksu loma n'
- b) o indeksu loma n
- c) o vrsti refleksije od gornje površine
- d) o vrsti refleksije od donje površine



10. Kolika je debljina najtanjeg sloja sapunice ($n = 1,33$) na kojem će svjetlost valne duljine 521 nm konstruktivno interferirati sama sa sobom?

11. Mjehur od sapunice ($n = 1,33$) obasjan je svjetlošću valne duljine 600 nm.

- a. Izračunaj minimalnu debljinu opne mjehura pri kojoj ima boju upadne svjetlosti.
- b. Koliko iznose tri iduće debljine opne pri kojima ima boju upadne svjetlosti?
- c. Kolika je razlika hoda (u valnim duljinama) zraka reflektiranih s obje strana opne u slučaju najveće debljine iz zadatka **b.**?

12. Sloj ulja debljine 280 nm i indeksa loma 1,45 pluta na vodi indeksa loma 1,33. Okomito na sloj upada bijela svjetlost. Koja valna duljina prevladava u reflektiranoj svjetlosti?

13. Mjehur od sapunice ($n = 1,33$) lebdi u zraku. Debljina stijenke mjehura iznosi 230 nm.

a. Kolika je valna duljina svjetlosti koja se najjače reflektira?

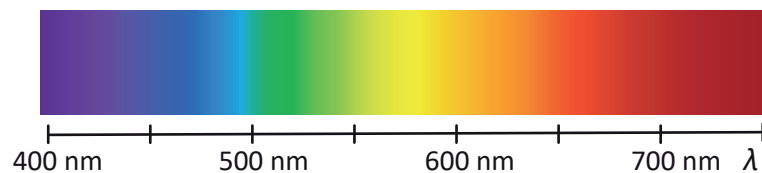
b. Kolika je razlika hoda (u valnim duljinama) zraka reflektiranih na plohama stijenke?

14. Solarne ćelije – uređaji koji stvaraju električnu energiju kada su izloženi Sunčevoj svjetlosti – često su obložene prozirnim, tankim slojem radi smanjivanja gubitka energije pri refleksiji. Pretpostavimo da je za tu svrhu silikonska solarna ćelija ($n = 3,5$) presvučena tankim slojem silicijeva monoksida ($n = 1,45$). Odredi najmanju debljinu sloja koja daje najmanju refleksiju na valnoj duljini od 550 nm.

15. Zrakoplov može postati nevidljiv za radar ako se premaže tankim slojem antirefleksijskog polimera. Ako je indeks loma sloja 1,5, a valna duljina radarskih valova 3 cm, kolika je najmanja debljina sloja uz koju je zrakoplov nevidljiv?

16. Da bi se smanjila refleksija svjetlosti, staklo ($n = 1,5$) se premazuje tankim slojem tvari indeksa loma 1,3. Kolika je najmanja debljina sloja ako je cilj smanjiti refleksiju svjetlosti valne duljine 500 nm?

17. Na leće se nanosi antirefleksijski premaz indeksa loma 1,2. Ako je debljina premaza 125 nm, a indeks loma leće 1,52, koju boju u reflektiranoj svjetlosti taj premaz poništava?



18. Objektiv kamere ($n_1 = 1,52$) premazan je slojem MgF_2 ($n_2 = 1,38$) debljine 10^{-7} m. Postoji li u reflektiranoj bijeloj svjetlosti valna duljina kojoj je interferencijom povećan intenzitet?