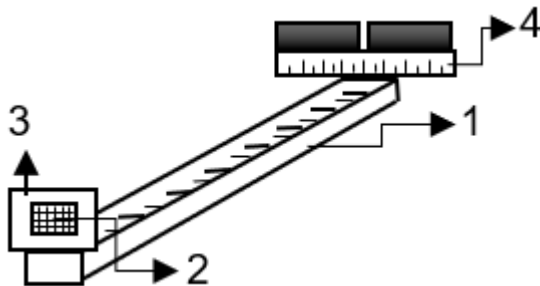


EKSPERIMENTALNI ZADATAK – rješenje

1. Odredite valnu duljinu svjetlosti tako da:

a) opišete način pripreme uređaja koji ćete koristiti pri mjerenju i nacrtate skicu s označenim bitnim dijelovima ... 3 boda

Valnu duljinu s priborom i materijalima koji su na raspolaganju možemo odrediti na način da letvicu iskoristimo kao držač (1) za tkaninu koja predstavlja optičku rešetku (2) i za koju je potrebno od kartona napraviti otvor na jednom kraju (3). Ravne bridove kartona koristimo za pripremu pukotine (4) – Slika 1.



Slika 1. Skica uređaja s označenim bitnim dijelovima

b) opišete teorijsku osnovu eksperimentalnog postupka uz odgovarajuću skicu i izvod izraza kojeg ćete koristiti ... 3 boda

Elektromagnetske valove na koje je osjetljivo ljudsko oko nazivamo vidljivom svjetlošću: valne duljine vidljivog područja svjetlosti protežu se u intervalu od 400 nm do 750 nm.

Kada ravni val nailazi na prepreku ili pukotinu, opaža se da mijenja smjer širenja i ulazi u geometrijsku sjenu. Ta pojava skretanja vala naziva se ogib ili difrakcija i karakteristična je za valno širenje, pri čemu se prepreka ili pukotina ponašaju kao izvori novih kuglastih valova. Poseban je slučaj ogib svjetlosti kroz optičku rešetku, koju definiramo kao prepreku s N paralelnih uskih pukotina međusobnog razmaka d kojeg nazivamo konstanta optičke rešetke.

Približna vrijednost valne duljine svjetlosti može se dobiti jednostavnim pokusom tako da tkanina s pravilno raspoređenim nitima djeluje kao optička rešetka s konstantom d . Opažatelj kroz tkaninu promatra interferentnu sliku s obje strane pukotine, pri čemu se valna duljina može izračunati iz izraza prema slici 2:

$$\sin \alpha_1 = \frac{\lambda}{d} \quad (1)$$

Ako udaljenost između središnjeg i prvog svijetlog maksimuma označimo slovom 's' i udaljenost između optičke rešetke i pukotine slovom 'a', uz uvjet da je $s \ll A$, možemo napisati izraz prema slici 3:

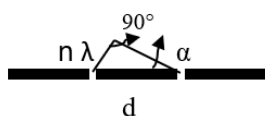
$$\sin \alpha_1 = \frac{s}{A} = \frac{s}{a} \quad (2)$$

Uvrstimo li relaciju (2) u lijevu stranu jednadžbe (1) i zatim iz toga izrazimo valnu duljinu λ , dobit ćemo konačan izraz prema kojem možemo odrediti valnu duljinu prema mjerenjima za prvi maksimum:

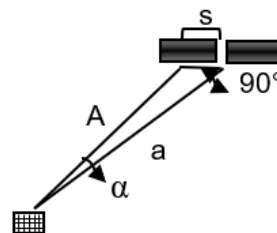
$$\lambda = \frac{s \cdot d}{a} \quad (3)$$

Općenito za n maksimuma relaciju (3) možemo izraziti kao:

$$n\lambda = \frac{s_n \cdot d}{a} \quad (4)$$



Slika 2. Skica uz izraz (1)



Slika 3. Skica uz izraz (2)

c) opišete način na koji ćete odrediti udaljenost dvije niti na tkanini**... 2 boda**

Koristeći tanki flomaster (ili kemijsku olovku), označite na prozirnoj tkanini minimalno 10 (preciznije 20) razmaka između pojedinih niti i zatim izmjerite udaljenost d' . Ako dobivenu vrijednost podijelite s brojem razmaka između niti, dobit ćete zadovoljavajuće precizan rezultat d za udaljenost između dvije niti, što predstavlja konstantu za tkaninu koja je u eksperimentalnom setu optička rešetka.

Priznaju se i drugi načini određivanja d , uz kratak i precizan opis rada.

d) opišete način kako ste pripremili pukotinu i odredili njezinu širinu**... 2 boda**

Povezivanje teorijskih osnova sa promišljanjem o najpraktičnijem eksperimentalnom setu dovest će najvjerojatnije do slijedećeg postupka:

1. odrede se rubovi kartona koji će biti rubovi pukotine i izrežu se na odgovarajuću veličinu radi mogućnosti postavljanja na letvicu;
2. kartoni koji čine pukotinu pomoću selotejpa se učvrste na povezujući element od kartona, koji će se izravno selotejpom učvršćivati na letvicu;
3. na gornji dio s obje strane pukotine učvrsti se crni hamer, prethodno izrezan na odgovarajuću veličinu;
4. na donji dio ispod pukotine zalijepi se bijeli papir na kojem je prethodno flomasterom, kemijskom ili tehničkom olovkom nacrtana mjerna skala kojoj je u sredini pukotine '0' i zatim su lijevo i desno označeni milimetri, veće crtice za 5 mm i još veće i deblje crte za 10 mm, tj. 1 cm: u smjeru $-x$ i x osi u odnosu na '0'.

Priznaju se i drugi domišljati načini rješavanja koji su rezultirali zadovoljavajuće preciznim mjerenjima.

e) tablično prikazete rezultate za minimalno pet mjerenja za svaku od dvije različite udaljenosti tkanine od pukotine**... 6 bodova**

Prema razrađenim teorijskim osnovama pod b) i slici 2. veličine koje će biti mjerene potrebno je sustavno prikazati u tablici, kako bi bila postignuta zornost i preglednost izmjerenih i izračunatih veličina. Obzirom da se radi o mjerenjima za dvije različite udaljenosti, mogu se prikazati u jednoj zajedničkoj ili u dvije različite tablice.

Radi što preglednije organizacije podataka prikupljenih tijekom mjerenja i rezultata na osnovu eksperimentalnog rada, prijedlog je da se uz tablicu odmah postavi i stupac s izračunatom valnom duljinom, kao i stupac pojedinačnog odstupanja rezultata valne duljine od dobivene srednje vrijednosti za pojedinu udaljenost.

Primjer tabličnog prikaza (oznake trebaju biti usklađene s teorijskim osnovama i slikom 2. pod b):

Tablica 1. Tablični prikaz rezultata određivanja valne duljine svjetlosti

Redni broj mjerenja	d/mm	a/mm	s/mm	λ_i/m	$(\bar{\lambda} - \lambda_i)/\text{m}$
1.					
...					
5.					

f) prema dobivenim rezultatima za valnu duljinu u tablicama prekrižite mjerenja koja predstavljaju grubu pogrešku**... 1 bod**

Grubim pogreškama za ovaj eksperimentalni set smatraju se svi rezultati koji su izvan poznatog intervala valnih duljina vidljivog područja spektra elektromagnetskog zračenja, što je potrebno analizirati pod točkama i) i k).

g) provedete račun slučajnih pogrešaka uz zapis točnog rezultata i određivanje relativne maksimalne pogreške zasebno za svaku udaljenost**... 6 bodova**

Tijekom mjerenja velika je vjerojatnost slučajnih pogrešaka, koje su najčešće subjektivne naravi.

Računom slučajnih pogrešaka procjenjujemo točnost kojom smo izmjerili određenu veličinu, pri čemu određujemo:

- aritmetičku sredinu ili srednju vrijednost svih pojedinih mjerenja:

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \lambda_i \quad (5)$$

- razlike između srednje vrijednosti i svakog pojedinačnog mjerenja: $\Delta \lambda_i = (\bar{\lambda} - \lambda_i) \text{ m}$ (6)

- apsolutnu vrijednost maksimalnog pojedinačnog odstupanja: $|\Delta \lambda_{i \max}| \text{ m}$ (7)

- zapis točnog rezultata: $\lambda = (\bar{\lambda} \pm |\Delta \lambda_{i \max}|) \text{ m}$ (8)

- maksimalnu relativnu pogrešku koju najčešće izražavamo u postocima:

$$r_m = \left(\frac{|\Delta \lambda_{i \max}|}{\bar{\lambda}} \cdot 100 \right) \% \quad (9)$$

U eksperimentalnom zadatku potrebno je izvršiti mjerenja za dvije različite udaljenosti tkanine koja predstavlja optičku rešetku i pripremljenog dijela uređaja koji sadrži pukotinu na drugoj strani letvice, te je zbog toga navedeno i da se račun slučajnih pogrešaka provede posebno za svaku udaljenost, kako bi analiza rezultata pod točkama od h) do l) bila potpunija.

h) ukratko komentirate preciznost mjerenja prema dobivenim maksimalnim relativnim pogreškama ... 1 bod

Analiza r_m za dvije različite udaljenosti uključuje dvije komponente: konkretno - za koju je udaljenost mjerenje bilo preciznije i općenito - na osnovu stečenog eksperimentalnog iskustva, kratki komentar označavaju li dobiveni postotci veću ili manju pogrešku unutar pojedinog seta mjerenja. Moguće uzroke koji su doveli do nepreciznosti u mjerenjima potrebno je ukratko opisati pod točkom j).

i) usporedite dobivene rezultate za valnu duljinu sa vidljivim područjem spektra elektromagnetskog zračenja ... 2 boda

Potrebno je konstatirati nalaze li se dobiveni rezultati za valnu duljinu svjetlosti unutar vidljivog područja, što bi trebao biti slučaj ako su pri mjerenjima otklonjeni oni iznosi koji su rezultirali pogreškama u mjerenjima u intervalu od 1 mm i zatim navesti interval vidljivog dijela spektra elektromagnetskog zračenja: vidljiva svjetlost obuhvaća valne duljine od 400 nm do 750 nm.

j) navedete na koji ste način postigli što veću preciznost mjerenja ... 1 bod

U svakom eksperimentalnom radu potrebno je kratko i precizno iskustveno navesti što je primijećeno kao problem u mjerenjima i kako je postignuta veća preciznost. Neizostavno bi za ovaj eksperimentalni set trebalo navesti minimalno dvije komponente: - na koji je način prema eksperimentalnim uvjetima precizno određena konstanta optičke rešetke, tj. razmak između dva tkanja na prozirnoj tkanini i - na koji je način mjerena udaljenost između prve i središnje svijetle pruge (ovdje je dobro naglasiti i kako crna pozadina uz obje strane pukotine omogućava kvalitetnije uočavanje i mjerenje udaljenosti s.

Dodatno se mogu uzeti u obzir te opisati i utjecaj pozicije izvora svjetlosti, kao i same tkanine, kako bi dobivena ogibna slika bila paralelna s pukotinom i točno iznad mjerne skale, kao i drugi primijećeni problemi i način njihova rješavanja.

k) ukratko opišete što je sve tijekom mjerenja moglo uzrokovati grube pogreške ... 1 bod

Za eksperimentalni set složen prema dostupnom priboru i materijalima karakteristično je da se sve veličine koje mjerimo izražavaju u cm ili mm (ili odmah prema SI sustavu u metrima) i prema tome su makroskopske, a valna duljina svjetlosti u rezultatima ima red veličine 10^{-7} m, te je stoga mikroskopska. Zbog toga mala nepreciznost u intervalu od 1 mm pri mjerenju udaljenosti prvog svijetlog maksimuma od središnjeg može značiti za određenu udaljenost pukotine od prozime tkanine da rezultat neće biti unutar poznatog intervala vrijednosti za valne duljine vidljivog područja spektra EMZ.

Zbog osjetljivosti potrebne pri mjerenju, u odnosu na pribor koji je na raspolaganju, uzeto je u obzir pod točkom f) da se u tablicama prekrize svi rezultati za valnu duljinu koji nisu unutar vidljivog područja spektra EMZ; to ujedno znači kako je potrebno napraviti više mjerenja, a račun slučajnih pogrešaka raditi po završetku svih mjerenja i izračuna valnih duljina za pojedina mjerenja, kako bi u obzir bili uzeti samo oni rezultati eksperimentalnih mjerenja koji su u skladu s očekivanim intervalom teorijskih vrijednosti za vidljivo područje EMZ.

l) zaključno povežete svoje eksperimentalne rezultate s teorijskim odnosom promatrane pojave u ovisnosti o udaljenosti, kao i o širini pukotine ... 2 boda

Eksperimentalnim radom jednostavno je uočiti kako će s manjom udaljenosti pukotine od tkanine razmaci između interferentnih pruga biti manji. Povezivanjem s teorijskim osnovama nastajanja pruga interferencije unutar ogibnih maksimuma za dvije, tj. kod optičke rešetke za N pukotina međusobno razmaknutih konstantom d , ovdje je potrebno navesti minimalno dvije značajne činjenice: - što je pukotina bliže, razmak između pruga bit će manji; - uža pukotina za istu valnu duljinu imat će šire pruge difrakcije, uz uvjet da intenzitet osvijetljenosti pruga vrlo naglo opada te se stoga preporučuje mjerenje samo prvog maksimuma.

U ovom eksperimentalnom setu nije, zbog nemogućnosti postizanja preciznijih mjerenja, trebalo istražiti ovisnost o valnoj duljini svjetlosti: za pukotinu određene širine manja valna duljina svjetlosti značit će i manji ogibni kut.

Ukupno:

30 bodova