

STUDIUL INTERFERENȚEI LUMINII FOLOSIND DISPOZITIVUL LUI YOUNG

Balan Maria

Dumitrescu Alexandra

Necula Roberta

Facultatea de Științe Aplicate

Anul II, Grupa 1321

CUPRINS

→ Scopul lucrării.....	3
→ Teoria lucrării.....	3
→ Dispozitivul experimental.....	6
→ Efectuarea experimentului.....	7
→ Simulări și aplicații.....	13
→ Concluzii.....	13
→ Referințe.....	14

1. Scopul lucrării

Ne vom folosi de dispozitivul lui Young pentru a demonstra existența interferenței. Lucrarea are ca scop determinarea lungimii de undă a unei radiații luminoase monocromatice, precum și evidențierea fenomenului de interferență în aplicații și simulări.

2. Teoria lucrării - **INTERFERENȚA**

Interferența luminii aflate în spectrul vizibil este un fenomen de suprapunere a două sau mai multe unde coerente într-un anumit loc din spațiu, rezultând un tablou staționar de maxime și de minime. În acest caz, în anumite puncte din spațiu se vor forma zone cu aceeași valoare a intensității rezultante numite **franje de interferență**.

Undele coerente sunt cele între care există relații constante în timp, având aceeași pulsație ω (deci și frecvență ν) și diferență de fază constantă $\Delta\varphi$. Obținerea lor, cu scopul realizării interferenței, se face separând din fluxul luminos emis de o sursă monocromatică două fascicule de lumină care, ulterior, se suprapun din nou în zona de interferență. În acest experiment, se folosește metoda divizării frontului de undă.

Sursa monocromatică, în fizică, este o radiație electromagnetică de o singură frecvență ν . În realitate, nicio sursă de radiație electromagnetică nu este pur monocromatică.

Fasciculul de lumină între două suprafețe este format din ansamblul de raze de lumină care leagă oricare dintre punctele suprafeței emitente cu oricare dintre punctele suprafeței de recepție.

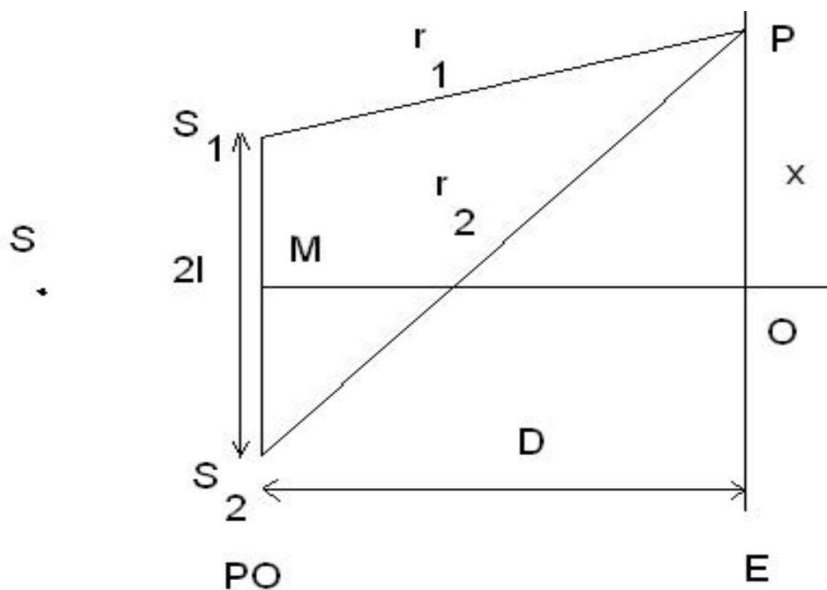
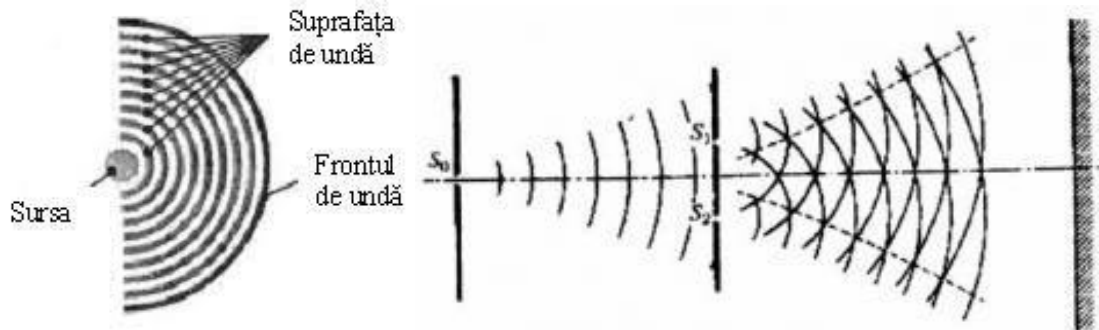


Figura 1 (Schema dispozitivului Young)

Divizarea frontului de undă :



Așadar, considerăm două unde sinusoidale ψ_1, ψ_2 :

$$\psi_1 = A_1 \sin(\omega_1 t + \varphi_1)$$

$$\psi_2 = A_2 \sin(\omega_2 t + \varphi_2), \text{ unde}$$

A_1, A_2 - amplitudinile celor două unde

ω_1, ω_2 - pulsațiile celor două unde

φ_1, φ_2 - fazele inițiale ale celor două unde

t - timpul

Amplitudinea undei rezultante va avea valoarea :

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos \Delta\varphi, \text{ unde}$$

$$\Delta\varphi = (\omega_2 - \omega_1)t + (\varphi_2 - \varphi_1) - \text{diferența de fază a celor două unde}$$

Este necesar studiul fenomenului în cazul în care pulsațiile celor două sunt egale, adică acestea sunt coerente. În cazul undelor luminoase, trebuie impusă și condiția ca diferența fazelor inițiale să fie constantă.

Dacă undele coerente sunt emise de două surse punctiforme, S_1 și S_2 , funcțiile de undă în punctul P :

$$\psi_1 = \frac{A}{r_1} \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{r_1}{\lambda} \right) \text{ și}$$

$$\psi_2 = \frac{A}{r_2} \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{r_2}{\lambda} \right), \text{ unde}$$

A - amplitudinea undelor

r_1, r_2 - distanțele de la cele două surse la punctul P

T - perioada

λ - lungimea de undă

Pentru simplificare, se consideră fazele inițiale nule și punctul P în care se studiază interferența suficient de îndepărtat de cele două surse, astfel încât distanțele $r_1 \approx r_2 = r$.

Unda rezultantă va avea expresia :

$$\psi = \psi_1 + \psi_2 = 2a \cos \pi \frac{(r_2 - r_1)}{\lambda} \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{r_1 + r_2}{2\lambda} \right), \text{ unde } a = \frac{A}{r}$$

Amplitudinea undei rezultate variază după funcția :

$$A_{rez} = \left| 2a \cos \pi \frac{(r_2 - r_1)}{\lambda} \right| \text{ și este constantă pentru } r_2 - r_1 = \text{const.}$$

Prin urmare, în urma interferenței se formează zone în care amplitudinea undei rezultate are valoare maximă, corespunzătoare valorilor ± 1 ale funcției cosinus, și zone de minim, în care amplitudinea este nulă.

$$\text{Condiția de maxim : } x_{max} = r_2 - r_1 = \frac{2k\lambda}{2}$$

$$\text{Condiția de minim : } x_{min} = r_2 - r_1 = \frac{(2k+1)\lambda}{2}$$

Pentru calculul lungimii de undă λ , se consideră :

Poziția franjei de maxim de ordin n :

$$x_n = \frac{n\lambda l}{d}$$

Poziția franjei de maxim de ordin n+1 :

$$x_{n+1} = \frac{(n+1)\lambda l}{d}$$

Atunci, interfranja este :

$$i = x_{n+1} - x_n = \frac{\lambda l}{d}$$

Atunci :

$$\lambda = \frac{di}{l}, \text{ unde}$$

n - ordinul franjei

l - distanța dintre dispozitivul cu fante până la ecran

i - interfranja

d - distanța dintre cele două fante (sursele S_1, S_2)

Benzile luminoase de pe figura de interferență obținută pe ecran corespund punctelor de **maxim** de interferență, iar **benzile întunecate** corespund punctelor de **minim** de interferență.

Interfranja reprezintă distanța dintre două maxime, respectiv două minime vecine.

Folosind dispozitivul lui Young, se produce interferență nelocalizată, întrucât figura obținută în urma fenomenului ocupă o regiune din spațiu destul de mare și pentru orice poziție a ecranului aflată în această regiune, se pot observa franjele de interferență.

3. Dispozitivul experimental

Aparatul lui Young este format dintr-o sursă de lumină, o placă opacă cu două fante paralele și un ecran de detectare. Sursa de lumină emite un fascicul de lumină care este focalizat prin intermediul unei lentile pe placă, care are două fante paralele. Lumina care trece prin aceste fante se îndoiește și se intersectează, creând un model de interferență pe ecranul de detectare.

Modelul de interferență creat pe ecranul de detectare constă în benzi luminoase și întunecate, numite benzi de interferență. Aceste benzi sunt cauzate de interferența constructivă și distructivă a undelor de lumină care trec prin fantele plăcii. În zonele unde undele se întâlnesc și se combină în mod constructiv, benzi luminoase sunt observate. În zonele în care undele se anulează reciproc, benzi întunecate sunt observate.

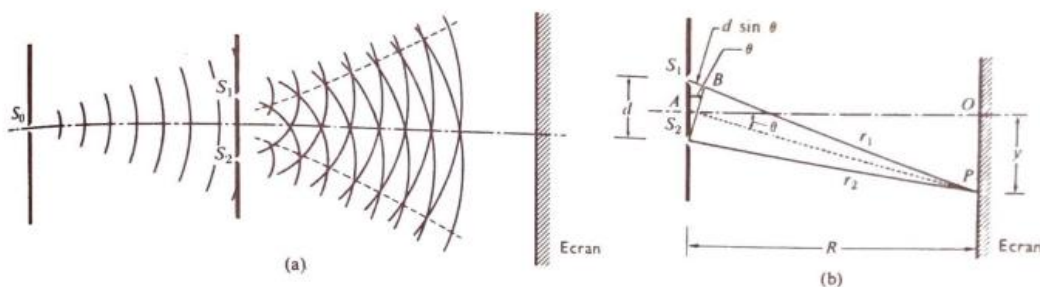


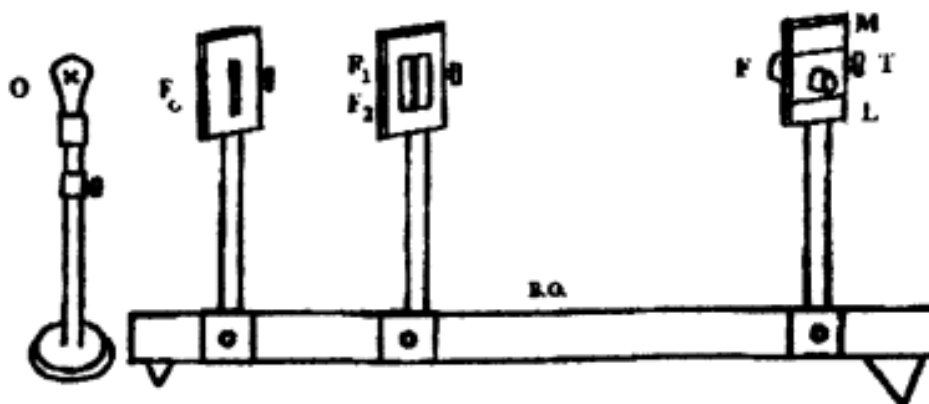
Fig. 42-2. (a) Interferența undelor luminoase care trec prin două fante. (b) Experiența Young.

Aparatul lui Young a fost utilizat pentru a studia proprietățile undelor de lumină, cum ar fi lungimea de undă și frecvența. Prin măsurarea distanței dintre benzi și prin aplicarea unor formule matematice, se pot determina aceste proprietăți ale undelor de lumină (Young, 1802). În plus, aparatul lui Young a fost utilizat în cercetarea optică pentru a dezvolta teoria undelor de lumină.

Astăzi, aparatul lui Young este încă utilizat în cercetarea optică. Studiul interferenței luminii este important în multe domenii, inclusiv în dezvoltarea tehnologiilor de comunicație optică și a tehnologiilor de imagistică medicală. Aparatul lui Young este considerat un instrument

important în dezvoltarea acestor tehnologii și în avansarea cunoștințelor noastre despre proprietățile undelor de lumină.

În concluzie, aparatul experimental al lui Young este un instrument crucial în studiul interferenței luminii și a proprietăților undelor de lumină (Young, 1802). Acesta a fost folosit pentru a demonstra natura ondulatorie a luminii și pentru a dezvolta teoria undelor de lumină. Astăzi, aparatul lui Young continuă să fie utilizat în cercetarea optică și în dezvoltarea tehnologiilor de comunicație optică și de imagistică medicală.



Dispozitivul experimental este alcătuit din: un bec electric O alimentat direct de la rețea, două fante și, fixate pe suporturi care pot culisa pe bancul optic B.O, fanta F₀ (verticală și reglabilă), fantele F₁ și F₂ (verticale și paralele) și subansamblul pentru măsurarea interfranței alcătuit dintr-o lupă L, un șurub micrometric M (la care sunt atașate o rigletă R și un tambur gradat T) și un fir reticular vertical.

4. Efectuarea experimentului

Teoretic vorbind, pentru a vedea un rezultat cât mai optim și clar, ar trebui să avem distanța dintre cele 2 fante verticale și paralele de maxim 1mm, iar distanța de la subansamblu și fante între 1-5 m. Cum în laborator nu ne permitem o distanță asemenea de mare între subansamblu și fante, o vom lua ca $l=47$ cm și $d=0.5$ mm.

Ne dorim să demonstrăm cu ajutorul dispozitivului lui Young, prin fenomenul de interferență, că lungimea de undă a sursei noastre de lumină ar trebui să se încadreze între 380-700 nm și în funcție de valoarea dată în ce spectru al culorii o încadrăm.

Ca referință de valori vom lua următorul tabel:

culoare	intervalul de lungimi de undă	intervalul de frecvențe
roșu	~ 610-780 nm	~ 480-405 THz
oranj	~ 590-650 nm	~ 510-480 THz
galben	~ 575-590 nm	~ 530-510 THz
verde	~ 510-560 nm	~ 600-530 THz
azur	~ 485-500 nm	~ 620-600 THz
albastru	~ 452-470 nm	~ 680-620 THz
violet	~ 380-424 nm	~ 790-680 THz

Fig. 1

Pentru că lucrăm la o scară mult mai mică, vom încerca să adaptăm măsurătorile noastre.

Prima dată, după ce ne-am fixat distanțele, uitându-ne la lentila noastră ar fi trebuit să observăm imaginea de mai jos. Explicația ar fi următoarea: Deoarece avem becul ca sursă noastră de lumină, iar lumina este formată din spectrul de culori ROGVAIV, franja centrală, de ordin 0, va fi cea mai luminoasă și de culoare albă, iar restul franjelor luminoase vor lua culorile curcubeului fiind irizate (exact cum se întâmplă după ploaie pe bălțile de apă).



Fig. 2

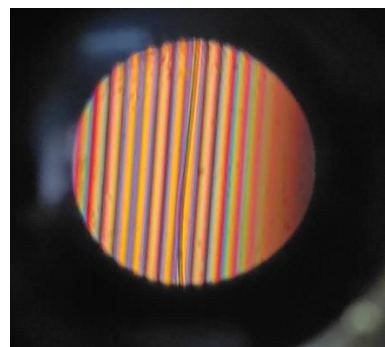


Fig. 3

În schimb, în laboratorul nostru am observat așa ceva. (Fig. 3) Explicația logică ar fi strict că noi vedem mult mai îndeaproape franjele noastre, fiindu-ne mai greu să vedem exact franja noastră luminoasă albă, dar și interfranjele.

Pentru a diferenția mai bine franjele luminoase de cele întunecoase, vom pune un filtru cu o culoare la alegere.



Fig. 4

După mai multe încercări, am ales să lucrăm pe filtrul de culoare roșie fiind cel mai concludent în vizualizarea franjelor.

Pe de altă parte, am ajuns la concluzia că nu toate culorile noastre erau pure, unele dintre ele având franjele întunecoase o altă culoare aproape de spectrul culorii principale (ex. la galben putem observa că avem atât franje verzi, cât și portocalii). Deci cu ajutorul dispozitivului lui Young putem vedea următoarea culoare apropiată sursei noastre monocromatice și diferențierea culorilor (ori culoare la rândul ei poate fi mai luminoasă, întunecoasă, mai „ștearsă” de exemplu pentru albastru avem: albastru marin, metalizat, orfan, de gențiană etc.)

La fel putem vedea și murdăria de pe unele filtre, precum portocaliu, din această cauză el nu va putea fi folosit în fenomenul de interferență datorită bruijului cauzat de petele mici negre. (ultimul rând, figura din dreapta).

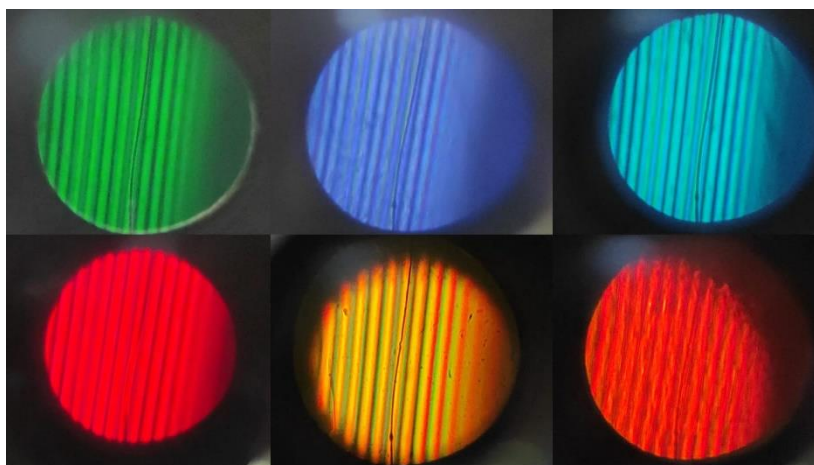


Fig. 5

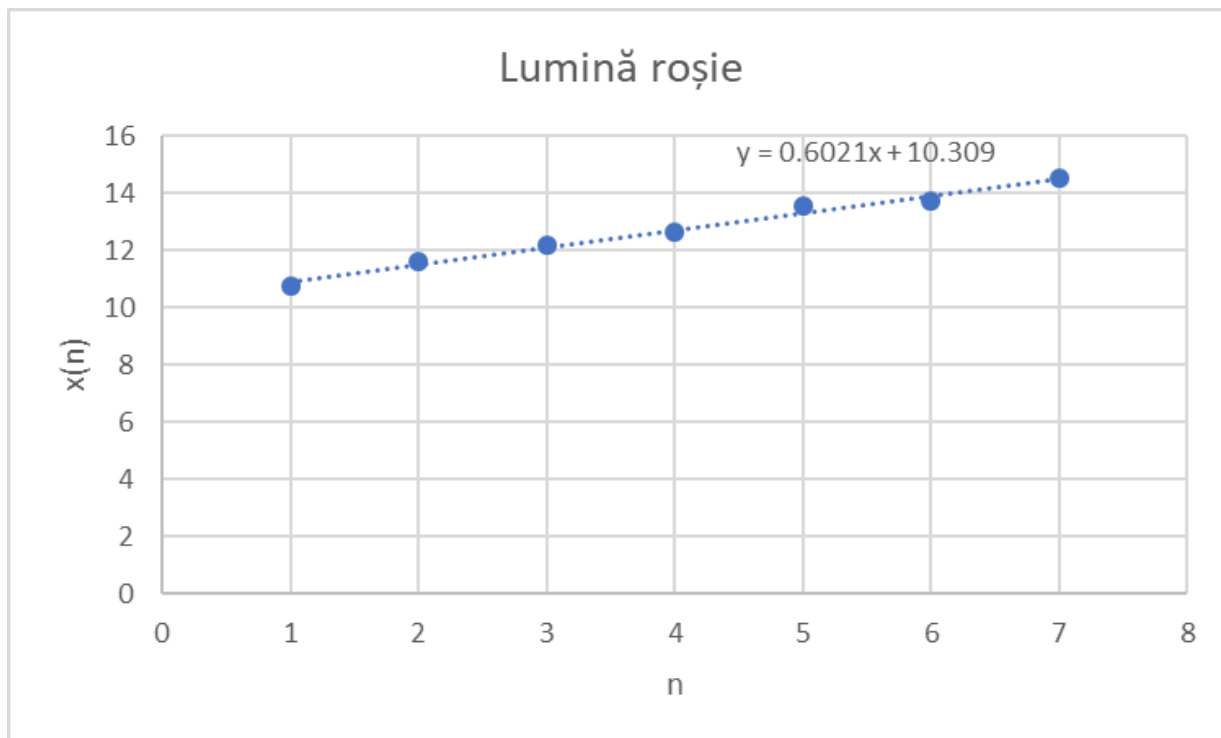
Experimentul nostru propriu-zis se va desfășura astfel: Vom măsura distanța unei franje de ordin n . Centrăm firul reticular folosind șurubul M pe prima cea mai luminoasă și clară franjă

din stânga. Cu ajutorul riglei observăm în cazul nostru ca franja de ordin 1 se află undeva între 10-11 mm distanță față de franja centrală. Pentru a aproxima exact valoarea acestei distanțe ne vom folosi de tamburul T gradat cu 50 de unități unde știm că 50 de unități reprezintă 1 mm pe riglă. Deci dacă numărăm 39 de unități, iar pe riglă observăm că acul nostru e mai aproape de 10 vom efectua următorul calcul:

$$x = 10 + 0.02 \cdot 39 = 10.78 \text{ mm}$$

Vom proceda la fel pentru fiecare măsurătoare, le vom trece într-un tabel și vom folosi funcția slope pentru a ni se calcula panta.

n (ordinul franjei)	x (distanța franjei de ordin n)
1	10.78
2	11.6
3	12.18
4	12.64
5	13.58
6	13.72
7	14.52



Pornind de la ecuația:

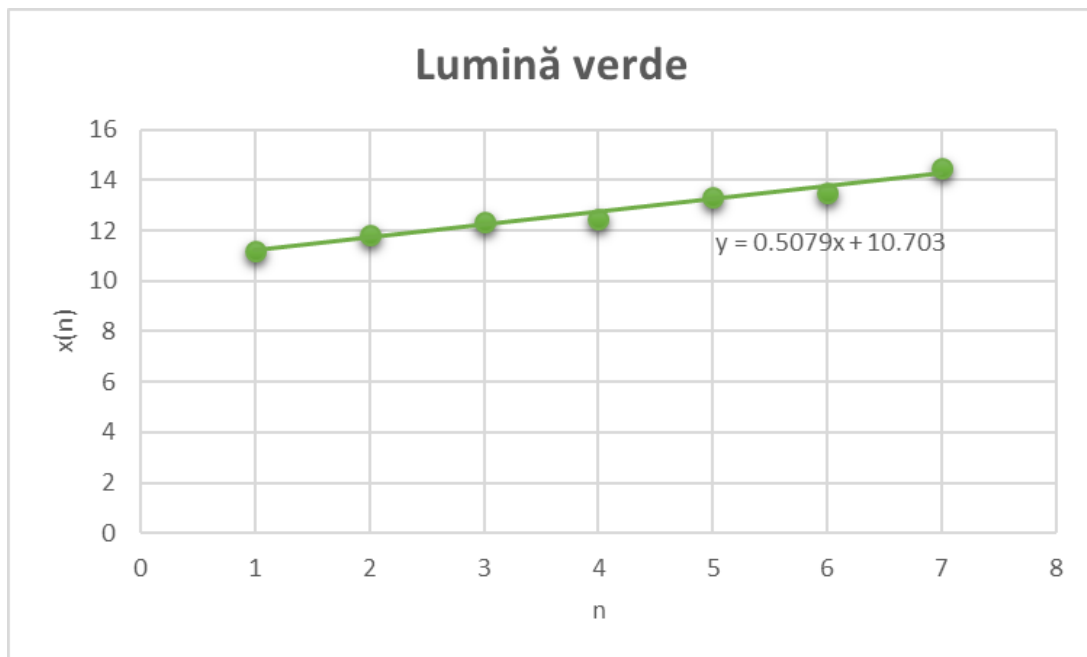
$$x = \frac{n\lambda l}{d}, \text{ panta noastră va fi: } m = \frac{x}{n} \Rightarrow \lambda = m \cdot \frac{d}{l}$$

În acest prim experiment am pus în fața lupei un filtru de culoarea roșie, iar prin calcule vom ajunge la valoarea lungimii noastre de undă, dovedindu-se a fi concludentă în raport cu tabelul nostru. (Fig. 1)

$$m = 0.6021 \Rightarrow \lambda = 0.6021 \cdot \frac{0.5}{470} \cdot 10^6 = 640.531 \text{ nm}$$

Efectuăm măsurători similare folosind un filtru de culoarea verde de 546 (nm).

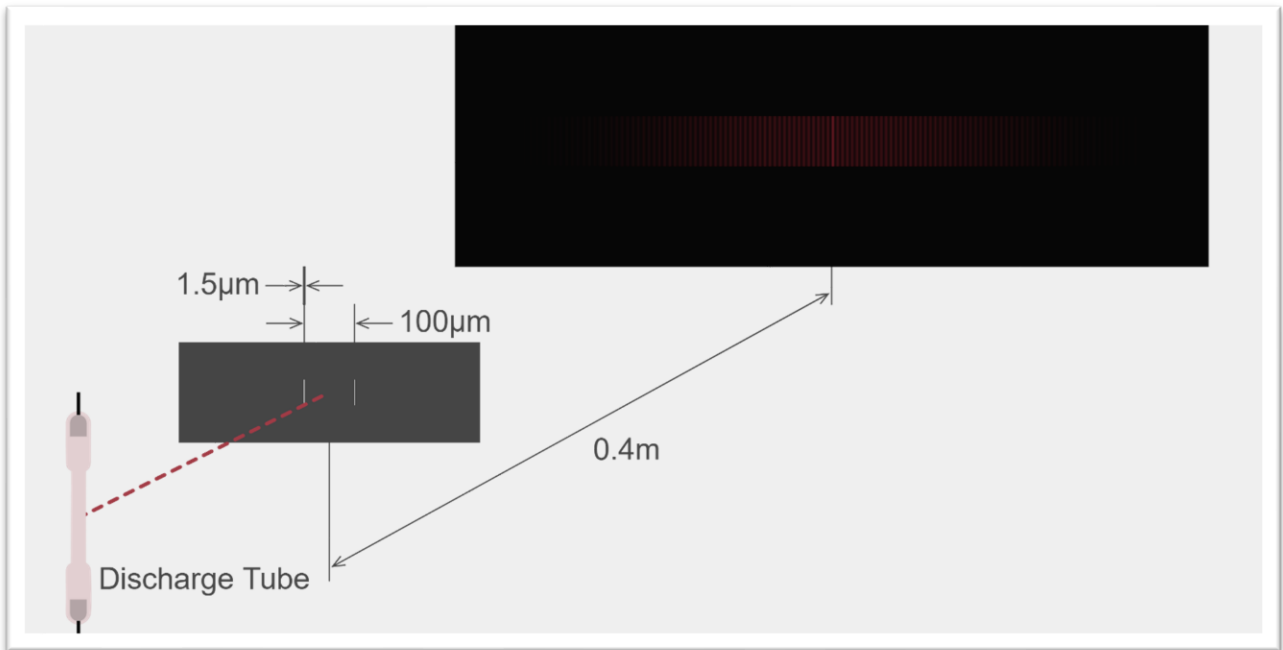
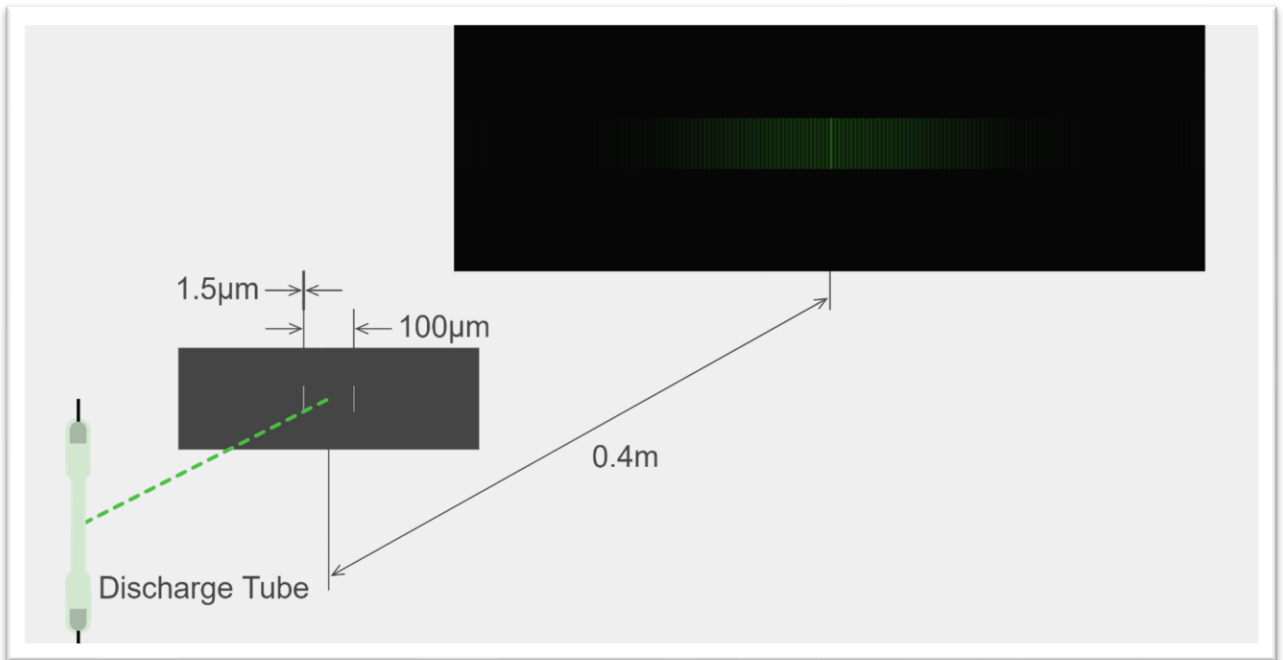
n (ordinul franjei)	x (distanța franjei de ordin n)
1	11.2
2	11.8
3	12.34
4	12.48
5	13.34
6	13.52
7	14.46



$$m = 0.5079 \Rightarrow \lambda = \frac{0.5079}{940} \cdot 10^6 \cong 540.32 \text{ nm}$$

Putem observa că din nou avem un rezultat concludent apropiat de valoarea noastră reală.

Am ales să pun pe un simulator online valorile noastre pentru a vedea fenomenul de interferență și pentru a verifica dacă lungimea de undă este una bună.



5. Simulări și aplicații

Deși dispozitivul lui Young nu este un dispozitiv de uz casnic, principiile sale se găsesc în multe aplicații tehnologice și industriale, cum ar fi producția de dispozitive electronice și comunicarea prin fibra optică.

Interferența este un fenomen fundamental în știință și tehnologie, cu multe aplicații practice în viața de zi cu zi. Iată câteva exemple de utilizare a interferenței:

- **Lentile optice:** Lentilele optice sunt fabricate prin intermediul interferenței. Aceasta permite crearea unei suprafețe curbe, precum cea dintr-o lentilă, prin suprapunerea a două sau mai multe fascicule de lumină. Lentilele optice sunt utilizate în ochelari, camere foto și video, microscopie și telescoape.
- **Holografie:** Holografia este o tehnică care utilizează interferența pentru a crea imagini tridimensionale ale obiectelor. Această tehnică este utilizată în industria de securitate pentru crearea de sigiliuri și etichete de autenticitate, dar și în artă și în producția de jucării.
- **Ecranarea undelor radio:** Interferența poate fi utilizată pentru a reduce interferențele dintre două semnale radio sau pentru a atenua zgomotul. Acest lucru se poate face prin suprapunerea a două semnale de aceeași frecvență și amplitudine, dar în fază opusă.
- **Detectoare de gaz:** Detectoarele de gaz utilizate în aplicații industriale, medicale și de securitate folosesc interferența pentru a detecta prezența gazelor periculoase. Aceste dispozitive utilizează lumina pentru a detecta schimbările în proprietățile optice ale gazelor.
- **Măsurarea dimensiunilor:** Interferența poate fi utilizată pentru a măsura dimensiunile substanțelor, precum grosimea unei foi de hârtie sau distanța dintre două suprafețe. Această tehnică este utilizată în multe domenii, inclusiv în producția de ecrane LCD și în cercetarea geologică.

6. Concluzii

În cazul dispozitivului lui Young, interferența este de tip nelocalizat, generând astfel un tablou staționar de maxime și minime. Această imagine evidențiază franjele, iar experimentele efectuate au arătat că există o relație de dependență a distanțelor interfranjelor în raport cu culoarea luminii sursei, adică cu lungimea sa de undă.

Interferența are o gamă largă de aplicații în viața de zi cu zi, de la fabricarea de lentile optice și până la detectoarele de gaze și măsurarea dimensiunilor substanțelor. Aceste aplicații sunt utilizate în diverse domenii, inclusiv în medicină, securitate și industrie, și au un impact semnificativ asupra vieții noastre cotidiene.

7. Referințe:

<https://ro.wikipedia.org/wiki/Interferență>

<http://fizica11.wikidot.com/ce-sunt-unde-coerente>

<https://lumina-unaltfeldeoxigen.weebly.com/dispozitivul-young.html>

<https://ro.wikipedia.org/wiki/Monocromie>

https://ro.frwiki.wiki/wiki/Rayon_lumineux#Faisceau_lumineux

magnum.engineering.upm.ro

<http://lumina.wikidot.com/dispozitivul-lui-young>

<https://lumina-unaltfeldeoxigen.weebly.com/dispozitivul-young.html>

Young, T. (1802). Experiments and calculations relative to physical optics. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 92, 12-48.

STUDIUL INTERFERENȚEI LUMINII CU DISPOZITIVUL LUI YOUNG - upb

https://javalab.org/en/youngs_double_slit_en/

https://javalab.org/en/double_slit_en/