Cl. 11a – §31.1-2 – Interferența Luminii. Franje luminoase și întunecate. 10.05.2021

pag (119-121)

1.) Def. fen. de interferență a lumină. Coerente. Cond. de interferență

2) Unde/rad. coerente și cond. îndeplinite de acestea.

3) Franjele de interferență. și calculul Max. și min. de interferență

4). Dispozitive interferențiale.

---

① Def. Interferența luminii - reprezintă fen. fizic prin care două unde/rad. coerente se suprapun/compun în același punct din spațiu având ca rezultat formarea unui câmp luminos structurat cu Max. și min. de luminozitate, numite franje de interferență

② Condiția ca două unde/rad. să interfere:

- Undele/Radiațiile să fie coerente.
- Cei doi vectori $\vec{E}_1, \vec{E}_2$ ai câmp. el. să îndeplinească condiția.

$\vec{E}_1 \cdot \vec{E} \neq 0 \rightarrow \vec{E}_1 \not\perp \vec{E}_2$ (ideal $\vec{E}_1 \parallel \vec{E}_2$)

Def. Două unde/rad. sunt coerente dacă au aceleași $\omega_1 = \omega_2$ - pulsații și o diferență de fază constantă, $\Delta\varphi = |\varphi_2 - \varphi_1| = \text{const}$.

$\omega = 2\pi\nu = 2\pi/T$, $\boxed{\omega_1 = \omega_2} \Leftrightarrow \begin{cases} \nu_1 = \nu_2 \rightarrow \text{frecvență egală} \\ T_1 = T_2 \rightarrow \text{perioadă egală} \end{cases}$

pulsație egală

Obs> Unda/Rad. el-magnetică are forma unei unde plane transversale

$$E = E_0 \cdot \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{r}{\lambda}\right) \overset{(\text{Lumina})}{=} E_0 \cdot \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} \cdot r\right) = E_0 \sin\left[\omega t - \left(\frac{2\pi}{\lambda_0}\right)(n r)\right] (=)$$

vid. $\lambda_0 = c \cdot T = c/\nu$, $\boxed{n = \frac{c}{v}} \rightarrow c = n \cdot v$

medie. $\lambda = v \cdot T = v/\nu$

$$\vec{E} (=) E_0 \cdot \sin\left[\omega t - \left(\frac{2\pi}{\lambda_0}\delta\right]_{(*)}\right.$$

deci $\left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right) = \frac{c/\nu}{v/\nu} = \left(\frac{c}{v}\right) = n \rightarrow \boxed{\lambda_0 = n \cdot \lambda}$

$\boxed{\delta = n \cdot r} \rightarrow$ (r) dif. de drum geometric.

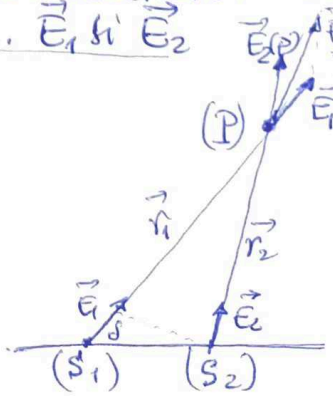
$\rightarrow \delta = n \cdot r$ – dif. de drum optic (*)

- Să presupunem două surse (S_1) și (S_2) care emit două unde coerente în același pct. din spațiu (P), unde se produce interferența rad. $\vec{E}_1$ și $\vec{E}_2$

$$\begin{cases} S_1: E_1 = E_0 \sin(\omega t + \varphi_{01}) \\ S_2: E_2 = E_0 \sin(\omega t + \varphi_{02}) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} E_1 = E_0 \sin \omega t \\ E_2 = E_0 \sin \omega t \end{cases}$$

Simplificare: $\Delta\varphi = (\varphi_{02} - \varphi_{01}) = 0$.

$\varphi_{01} = \varphi_{02}$



Când ajung în pct. P ele parcurg când distanțe diferite, vor r_1 ajunge cu fază diferită astfel:

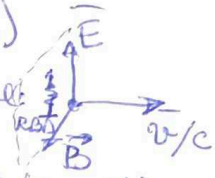
$$\begin{cases} E_1(P) = E_0 \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \vec{r}_1\right) \\ E_2(P) = E_0 \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \vec{r}_2\right) \end{cases}$$

Interferența presupune suprapunerea celor două rod. și a câmp. lor electrice în același pct. P cu îndeplinirea cond. de interferență { coerență; $\vec{E}_1 \not\perp \vec{E}_2$; $\vec{E}_1 \cdot \vec{E}_2 = 0$.

deci $\vec{E}(P) = \vec{E}_1(P) + \vec{E}_2(P)$.

Obs. Rod. electromagnetică / lumina - este o undă elmagn transversală compusă din cele două câmpuri: $\vec{E}$ - electric și $\vec{B}$ - magnetic care osc. în plane perpendiculare și se propagă pe cea de-a 3-a direcție ($\vec{v}$) cu o viteză ($\vec{v}$) perpendiculară pe planul $\pi(\vec{E},\vec{B})$

→ Triedrul $(\vec{E} \perp \vec{B} \perp \vec{v})$ al rod. elmagn. / lumina este:



$\boxed{\vec{E} = \vec{B} \times \vec{v}}$, $|\vec{v}| = \frac{|\vec{E}|}{|\vec{B}|} \equiv c$ (în vid)

Intensitatea luminii în pct (P) este ~ proporțională cu pătratul $(E_p)^2$

deci $\vec{E}_p^{\,2} = [\vec{E}_1(P) + \vec{E}_2(P)]^2 = \vec{E}_1^2 + \vec{E}_2^2 + 2\vec{E}_1 \cdot \vec{E}_2 \neq (E_1^2 + E_2^2)$

Cond. de interferență (camp structurat de franje luminoase) este ca

$\vec{E}_1 \cdot \vec{E}_2 \neq 0 \Rightarrow \vec{E}_1 \not\perp \vec{E}_2$ - interferență

$\vec{E}_1 \uparrow\uparrow \vec{E}_2 \rightarrow$ Max. / franje de Max. luminoase

$\vec{E}_1 \uparrow\downarrow \vec{E}_2 \rightarrow$ min / franje de min. întunecoase

Atunci: $\dot{I} \sim \vec{E}^{\,2}(P) = \vec{E}_1^{\,2}(P) + \vec{E}_2^{\,2}(P) + 2\vec{E}_1 \cdot \vec{E}_2$

$\dot{I}_1 \sim \vec{E}_1^{\,2}(P)$, $\dot{I}_2 \sim \vec{E}_2^{\,2}(P)$

$\dot{I}(P) = \dot{I}_1(P) + \dot{I}_2(P) + 2\sqrt{\dot{I}_1 \cdot \dot{I}_2}\cos\Delta\varphi$

sau $E^2_{(P)} = E_1^2 + E_2^2 + 2E_1 \cdot E_2 \cdot \cos\Delta\varphi$ unde $E_{1(P)} = E_0 \sin(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} r_1)$, $E_{2(P)} = E_0 \sin(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} r_2)$

$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(r_2 - r_1) = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \delta$

atunci $E_p^2 = E_0^2 + E_0^2 + 2E_0^2\cos\Delta\varphi =$

$E_p^2 = 2E_0^2(1 + \cos\Delta\varphi) = 4E_0^2 \cdot \cos^2\left(\frac{\Delta\varphi}{2}\right)$ (*)

deci $\dot{I} \sim 4E_0^2\cos^2\left(\frac{\Delta\varphi}{2}\right) = 4E_0^2\cos^2\left[\frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{(r_2 - r_1)}{2}\right]$

sau $\dot{I} \sim 4E_0^2 \cdot \cos^2\left(\frac{\pi}{\lambda}(r_2 - r_1)\right) = 4E_0^2 \cdot \cos^2\left(\frac{\pi\delta}{\lambda}\right)$

$\boxed{(1 + \cos x) = 2\cdot\cos^2\frac{x}{2}}$ (*)

$\cos x : [0, \pi] \rightarrow [1, -1]$

(3) Franjele de interferență. (Rezultatul interferenței) { Cond. de (Max) ① ⇒ {Franje de Max. Luminoase; $(\dot{I} = \dot{I}_{max}) \sim 4E_0^2 \sim (E_1 + E_2)^2$

Cond. de (min) ② ⇒ {Franje de min → întunecate; $(\dot{I} = \dot{I}_{min}) \sim 0 \sim (E_1 - E_2)^2$

(1) Cond. de (Max) de luminozitate:

$\dot{I} = \dot{I}_{Max} \Leftrightarrow \cos^2(\pi\delta/\lambda) = 1 \Leftrightarrow \boxed{\frac{\pi\delta_{Max}}{\lambda} = (2K)\frac{\pi}{2}} \rightarrow \delta_{Max} = (2K)\frac{\lambda}{2}$, $K \in \mathbb{Z}$

deci $\delta_{Max} = 2K\frac{\lambda}{2}$, $K \in \mathbb{Z}$, $K = 0, \pm1, \pm2, \ldots$ franje luminoase

(2) Cond. de (min) de luminozitate:

$\dot{I} = \dot{I}_{min} \Leftrightarrow \cos^2(\pi\delta/\lambda) = 0 \Leftrightarrow \boxed{\frac{\pi\delta_{min}}{\lambda} = (2K-1)\frac{\pi}{2}} \rightarrow \delta_{min} = (2K-1)\frac{\lambda}{2}$, $K \in \mathbb{Z}$

deci $\delta_{min} = (2K-1)\lambda/2$, $K \in \mathbb{Z}$, $K = 0, \pm1, \pm2 \ldots$ franje întunecate.

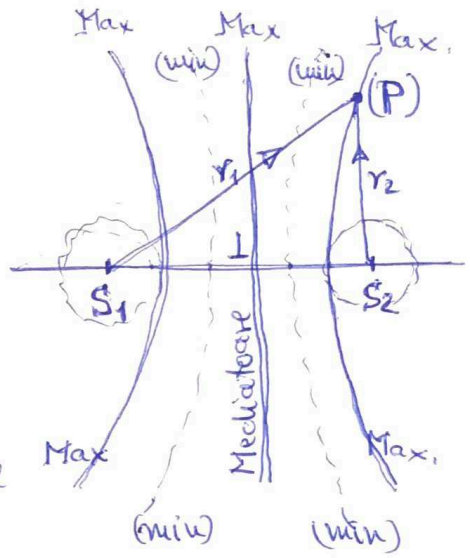
Concluzie:

(A) În pct. P se obține prin interferența celor două rod. coerente un (Max)-luminos (Franjă luminoasă) $\Leftrightarrow \boxed{\delta_{Max} = 2k\left(\frac{\lambda}{2}\right)}$

(B) În pct. P se obține prin interferența celor două rod. luminoase coerente un (min)-întunecos (Franja întunecată) $\Leftrightarrow \boxed{\delta_{min} = (2k-1)\left(\frac{\lambda}{2}\right)}$

Def: (Franja) - reprezintă locul geometric al tuturor pct din spațiu de aceeași intensitate, (Max/min) care se așază pe aceeași curbă (dreaptă / hiperbolă) unindu-le

Obs: Franjele se distribuie simetric în raport cu mediatoarea ($\perp S_1S_2$) dreptei ce unește cele două surse luminoase (S_1, S_2) (ca în fig. alăturată)



(4) Dispozitive interferențiale:

Fenomenul de interferență staționară, poate fi pus în evidență cu ajutorul unor dispozitive ca:

a) - dispozitivul Young (cu două fante S_1S_2)
b) - straturi subțiri / lama cu fețe paralele / pana optică
c) - Oglinzile / Lentilele lui Fresnel.
d) - Inelele lui Newton dintre o suprafață curbă/lentilă și una plană