

Электромагниттік толқындар

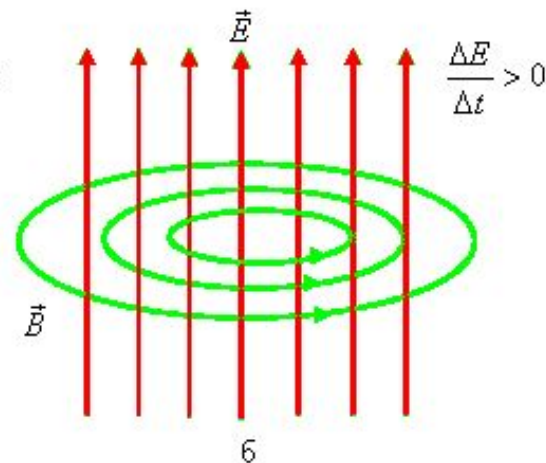
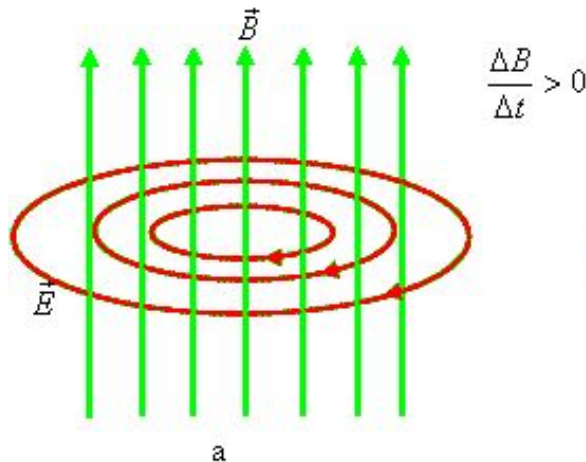
- Эрстед (1820)

Максвелл (1865) екі постулат:

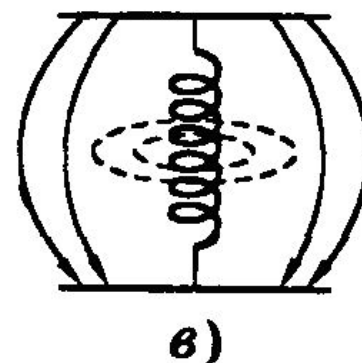
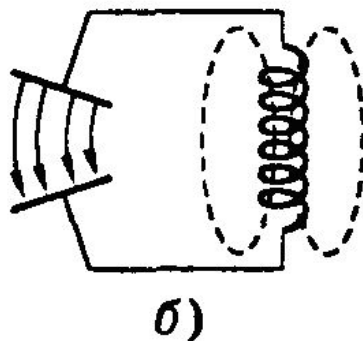
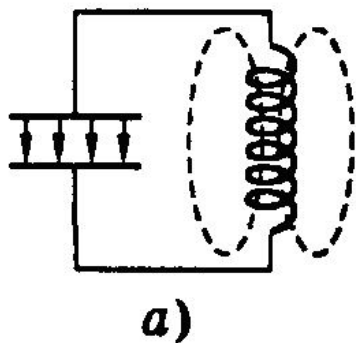
- Фарадей Дж.

1. Айнымалы магнит өрісі құйынды электр өрісін тудырады

2. Айнымалы электр өрісі құйынды магнит өрісін тудырады.



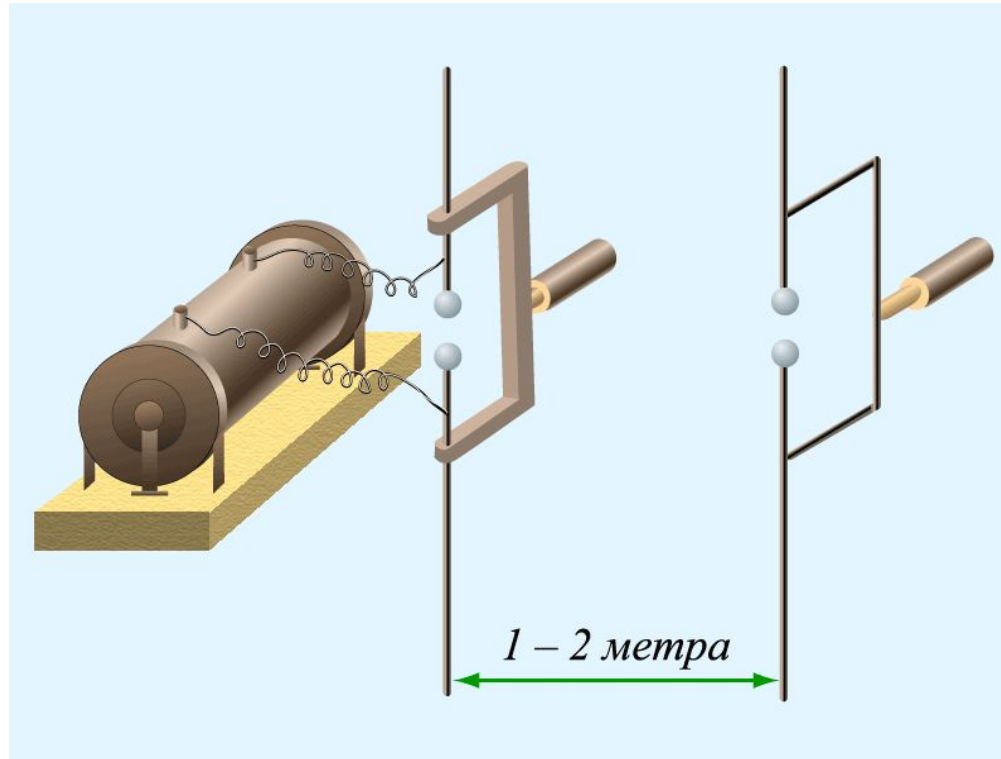
Егер катушканың орам сандарын да азайта бастасак,
онда индуктивтілік кемиді.



Ашық тербелмелі контурдың сыйымдылығы мен индуктивтілігі өте аз.

Сондықтан дірілдеткіштегі электромагниттік өріс тербелістерінің меншікті жиілігі аса жоғары болады.

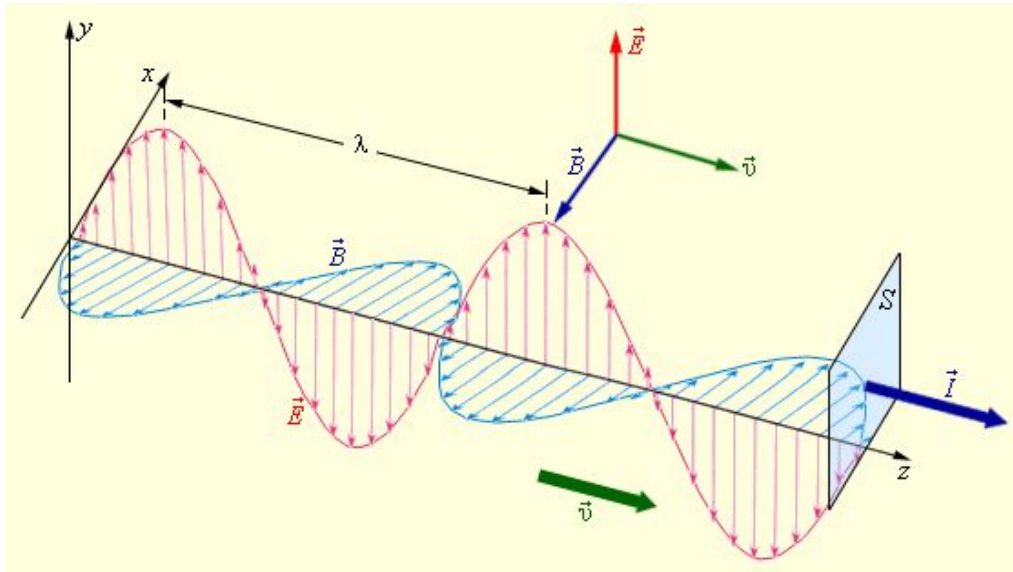
Герц тәжірибелері



$\vec{A} \perp \vec{A}$ векторы дірілдеткіш арқылы өтетін жазықтықта жатады, ал векторы осы жазықтықта және толқынның таралу бағытына перпендикуляр. Сол себепті магнит индукциясының сызықтары дірілдеткішке перпендикуляр

Электромагниттік өріс кеңістіктің барлық бағытында 300000000 м/с жылдамдықпен

Электромагниттік толқын белгілері



$$\Delta H = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 H}{\partial t^2}$$

$$\Delta E = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 E}{\partial t^2}$$

$$E = E_0 \sin(\omega t - kx + \varphi)$$

$$H = H_0 \sin(\omega t - kx + \varphi)$$

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

Электромагниттік толқын белгілері

Электромагниттік толқын :

- Вакуумде жарық жылдамдығымен тарайды:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\varepsilon \mu}} = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon \mu}}$$

Жарық - электромагниттік толқын.

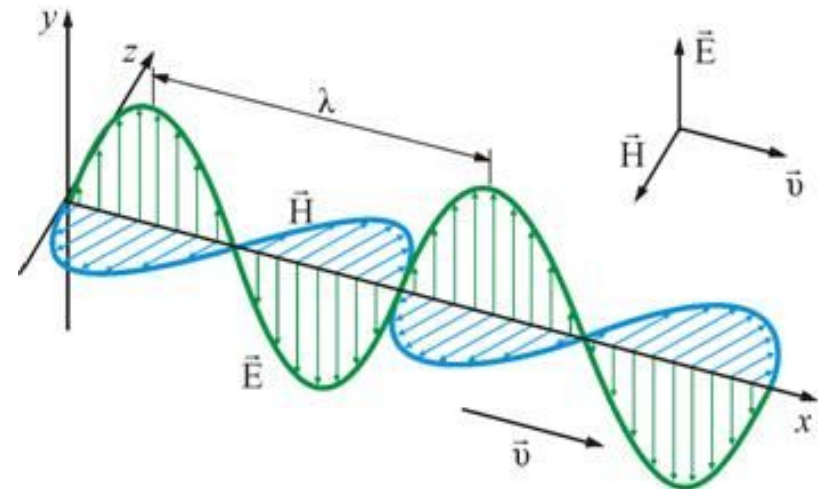
Бірдей фазада тербелетін ең жақын екі нүктенің арақашықтығы электромагниттік толқын ұзындығын береді.

$$\lambda = \tilde{n} O = \frac{\tilde{n}}{\nu}$$

Электромагниттік толқын белгілері

Электромагниттік толқын:

- Көлденең болып саналады.
- E , H және v векторлары әрқашан перпендикуляр орналасады және дұрыс жүйе түзеді.
- E және H векторлары әрқашан бір фазада тербеледі.



$$\sqrt{\varepsilon\varepsilon_0}E = \sqrt{\mu\mu_0}H$$

Электромагниттік толқындарды анықтау мүмкіндігі, олардың энергияны тасымалдайтының көрсетеді.

$$w = w_{эл} + w_{м} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} + \frac{\mu\mu_0 H^2}{2}$$

$$w_{э} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2}{2} \quad - \text{электр энергиясының көлемдік тығыздығы}$$

$$w_{м} = \frac{B^2}{2\mu_0 \mu} \quad - \text{магнит өрісінің энергиясының көлемдік тығыздығы.}$$

Электромагниттік өріс энергиясының тығыздығы

$$w_{эл} = w_{м}$$

$$w = w_{э} + w_{м} = 2w_{э}$$

$$w = 2w_{эл} = \varepsilon\varepsilon_0 E^2$$

$$\sqrt{\varepsilon\varepsilon_0} E = \sqrt{\mu\mu_0} H$$

Энергия тығыздығын толқын таралу жылдамдығына көбейтсек, онда энергия ағынының тығыздығын табамыз.

$$w = 2w_{эл} = \varepsilon \varepsilon_0 E^2 = \sqrt{\varepsilon_0 \mu_0} \sqrt{\varepsilon \mu} EH = \frac{1}{v} EH$$

$$S = wv = \sqrt{\varepsilon_0 \mu_0} \sqrt{\varepsilon \mu} EH \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon \mu_0 \mu}} = EH$$

$$S = EH$$

$$E \perp H$$

$$\vec{S} = [\vec{E} \vec{H}]$$

- Умов-Пойнтинг
векторы

Физика кафедрасы

Мультимедиялық презентация

Баспа: “Оптика”

Пән атауы: “Физика 2”

Тақырып: Интерференция

Авторы:

ф-м.ғ.к. Салькеева А.К.,



Дәріс жоспары

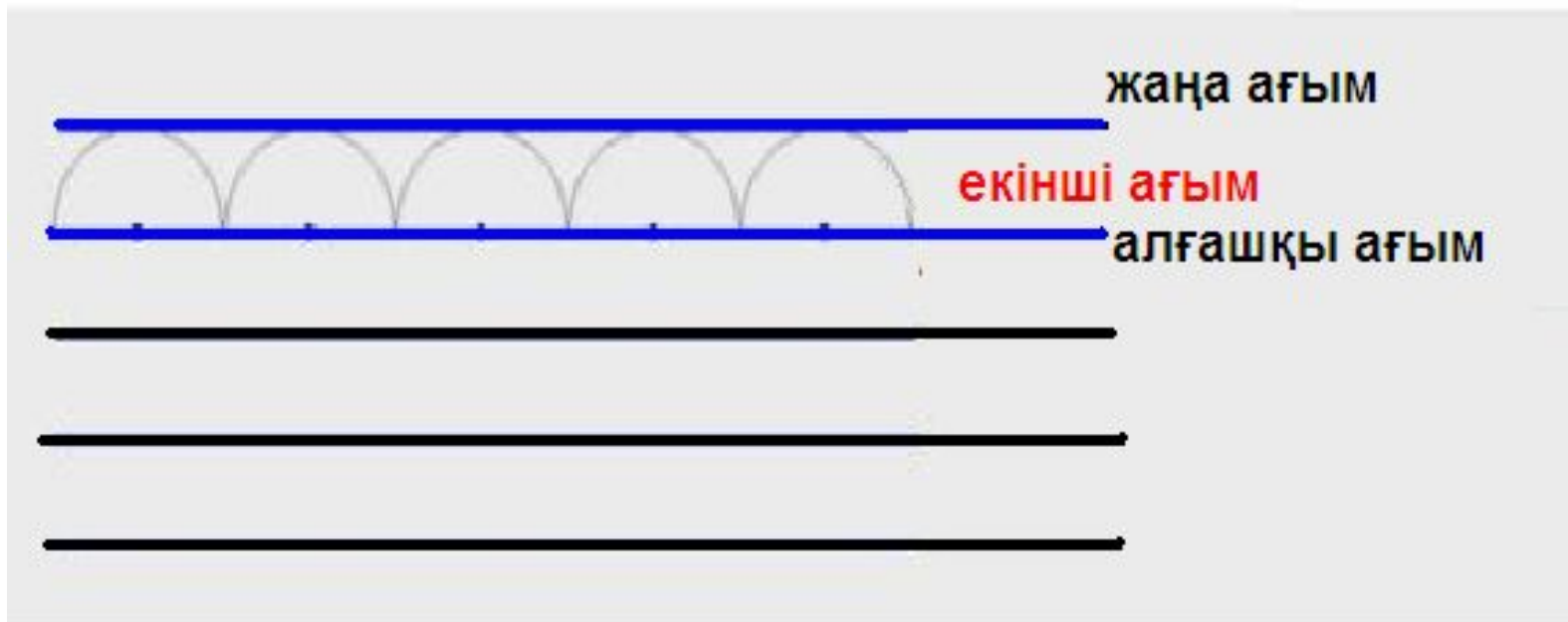
- ◆ *1. Жарық толқындардың қасиеттері*
- ◆ *2. Жарық толқындардың интерференциясы*
- ◆ *3. Уақытша және кеңістік когеренттілік*
- ◆ *4. Интерферометрлар*

XVII ғасырда жарықтың табиғатын түсіндіру үшін екі теория пайда болды:

1. **Ньютонның корпускулалық теориясы.** Осы теория бойынша : жарық — ол бөлшектердің ағыны (корпускула).
2. **Гюйгенс толқын теориясы:** жарық ерекше ортада - эфирде таралатын серпімді толқынды білдіреді. Осы құбылысты **жарық дуализм** дейді.

Максвелл теориясы бойынша: **жарық — ол электромагниттік толқын.**

- Толқын теориясы Гюйгенс принципіне негізделеді. Толқын жететін әрбір нүкте екінші реттік толқындар центрі болып табылады. Осыдан пайда болған екінші жаңа толқындар, толқын шебі болып есептеледі.



Жарық толқындардың диапазоны

$$0,40\text{мкм} \leq \lambda \leq 0,75 \text{ мкм}$$

$$\lambda = c \cdot T = c / \nu$$

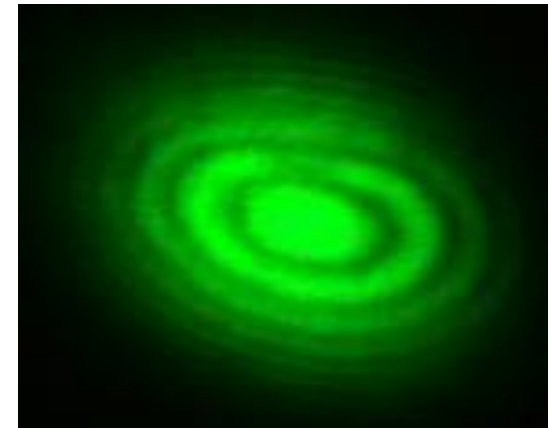
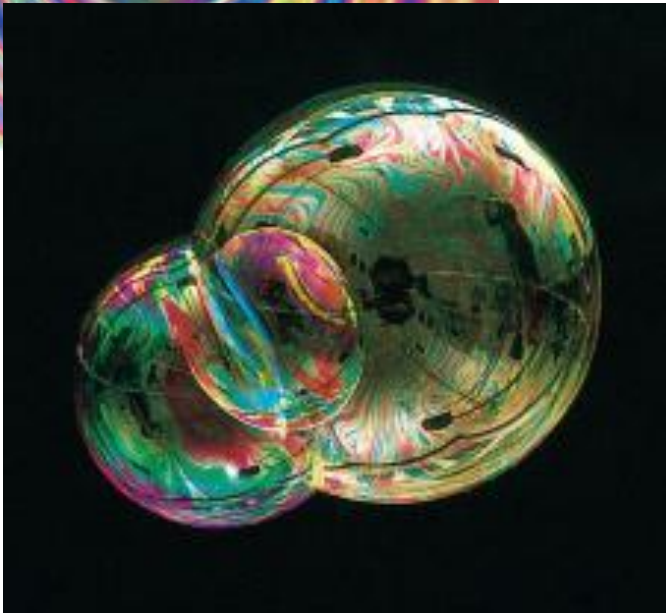
$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

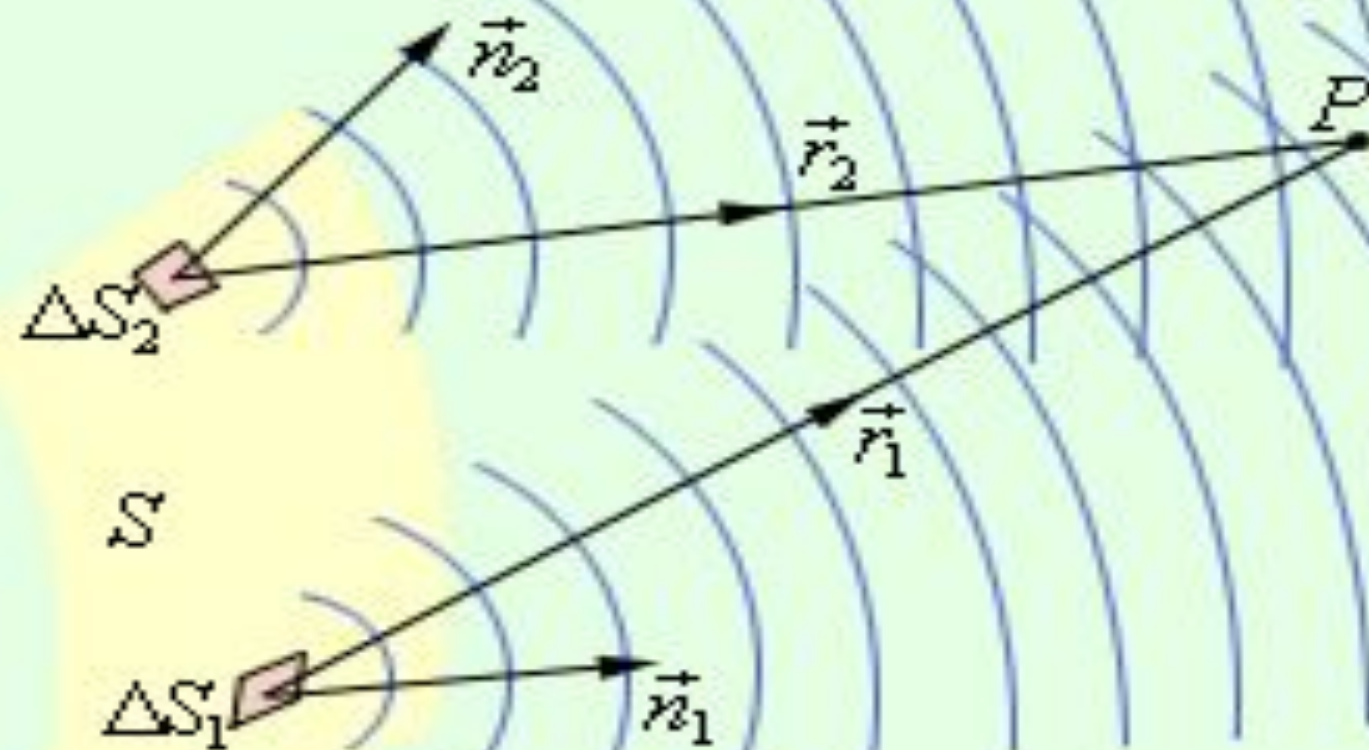
$$\nu = (0,75 - 0,40) \cdot 10^{15} \text{ Гц.}$$

- ◆ Интерференция пайда болу үшін толқындар когерентті болу қажет.
- ◆ Жиілігі бірдей және фазалардың айырымы тұрақты толқындар **когерентті** болып саналады.
- ◆ Монохроматтік толқындар – жиіліктері бірдей толқындар
- ◆ Екі (немесе бірнеше) когерентті жарық толқындарының қабатасуы кезінде жарық ағыны кеністіктік қайта бөліп тарату жүреді, нәтижесінде бір жерде қарқындылық максимумы, бір жерде қарқындылық минимумы пайда болады. Бұл құбылыс **жарық интерференциясы** деп аталады.

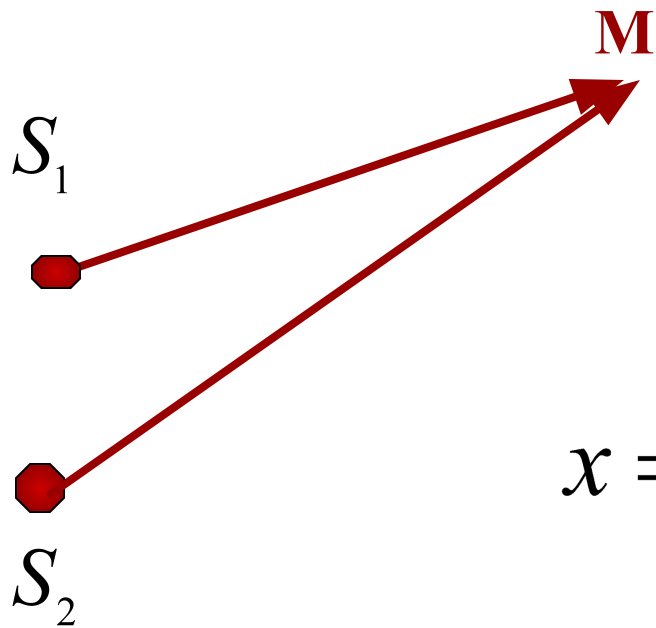
ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ -

ортаның әр түрлі нүктесінде екі немесе бірнеше когерентті толқындардың бірігуі кезіндегі тербелістің уақыт өте келе тұрақты ұлғайуы немесе азайуы (жарықтың ортада таралуы).





ЕКІ КОГЕРЕНТТІ КӨЗДЕН ТЕРБЕЛІСТЕРДІ ҚОСУ



$$x_1 = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1)$$

$$x_2 = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2)$$

$$x = x_1 + x_2 = A \cos(\omega t + \varphi)$$

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)$$

Өрістердің кернеулігі E_1 және E_2 бақылау нүктеде сызық бойында тербелістер жасайды:

$$E_1 = E_{01} \cos(\omega t + \phi_1)$$

$$E_2 = E_{02} \cos(\omega t + \phi_2)$$

Қорытынды тербелістерінің амплитудасы:

$$E^2 = E_{01}^2 + E_{02}^2 + 2 E_{01} E_{02} \cos(\phi_2 - \phi_1)$$

Нәтижелі тербеліс амплитудасы

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2 A_1 A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)$$

Когерентті емес толқындар үшін $(\varphi_2 - \varphi_1)$ үзіліссіз өзгереді

$$\cos(\varphi_2 - \varphi_1) = 0 \qquad \overline{A^2} = \overline{A_1^2} + \overline{A_2^2}$$

$$I \sim A^2$$

$$I = I_1 + I_2$$

$$I_1 = I_2$$

$$I = 2I_1$$

ЕКІ КОГЕРЕНТТІ КӨЗДЕН ТЕРБЕЛІСТЕРДІ ҚОСУ

$$(\varphi_2 - \varphi_1) = \text{const} \quad \text{-толқындар когерентты}$$

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1)$$

$$\cos(\varphi_2 - \varphi_1) > 0 \quad I > I_1 + I_2$$

$$\cos(\varphi_2 - \varphi_1) < 0 \quad I < I_1 + I_2$$

$$I_1 = I_2$$

$$\cos(\varphi_2 - \varphi_1) = +1$$

$$\cos(\varphi_2 - \varphi_1) = -1$$

$$I = 4I_1 - \max$$

$$I = 0 - \min$$

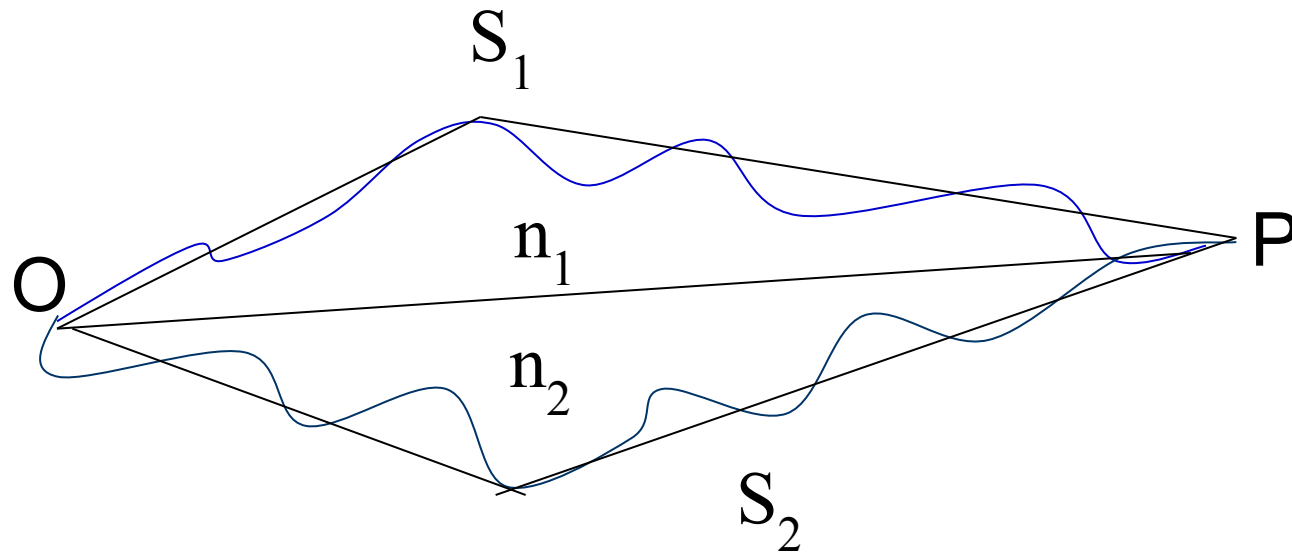
ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ

Интерференция нәтижесі біріккен тербелістердің фазаларының әр түрлілігіне байланысты болады.



$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1)$$

Екі когерентті толқын О нүктеден шығады , және Р нүктеде интерференция пайда болады



Интерференцияны әдетте интерференциялық суретті бір жарық көзінен шыққан толқындарды екіге жіктеп, қайтадан қабаттастыра отырып алады.

МАКСИМУМ ЖӘНЕ МИНИМУМДАР ШАРТЫ

$$\xi_1 = A_1 \cos \omega \left(t - \frac{S_1}{v_1} \right) \qquad \xi_2 = A_2 \cos \omega \left(t - \frac{S_2}{v_2} \right)$$

$$\delta = \omega \left(\frac{S_2}{v_2} - \frac{S_1}{v_1} \right) = \omega \left(\frac{S_2 n_2}{c} - \frac{S_1 n_1}{c} \right)$$

$$v_1 = c / n_1$$

$$v_2 = c / n_2$$

$$\delta = \frac{\omega}{c} (S_2 n_2 - S_1 n_1)$$

$$\delta = \frac{\omega}{c} \Delta = \frac{2\pi}{Tc} \Delta = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta$$

$$L = nS \quad - \text{Оптикалық жол ұзындығы}$$

$$L_2 - L_1 = \Delta \quad \rightarrow \quad \text{Оптикалық жүрістің айрымы}$$

$$\delta = \frac{\omega}{c} \Delta = \frac{2\pi}{Tc} \Delta = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta \quad \rightarrow \quad \delta = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta$$

$$\Delta = k\lambda$$

$$\delta = 2k\pi, k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

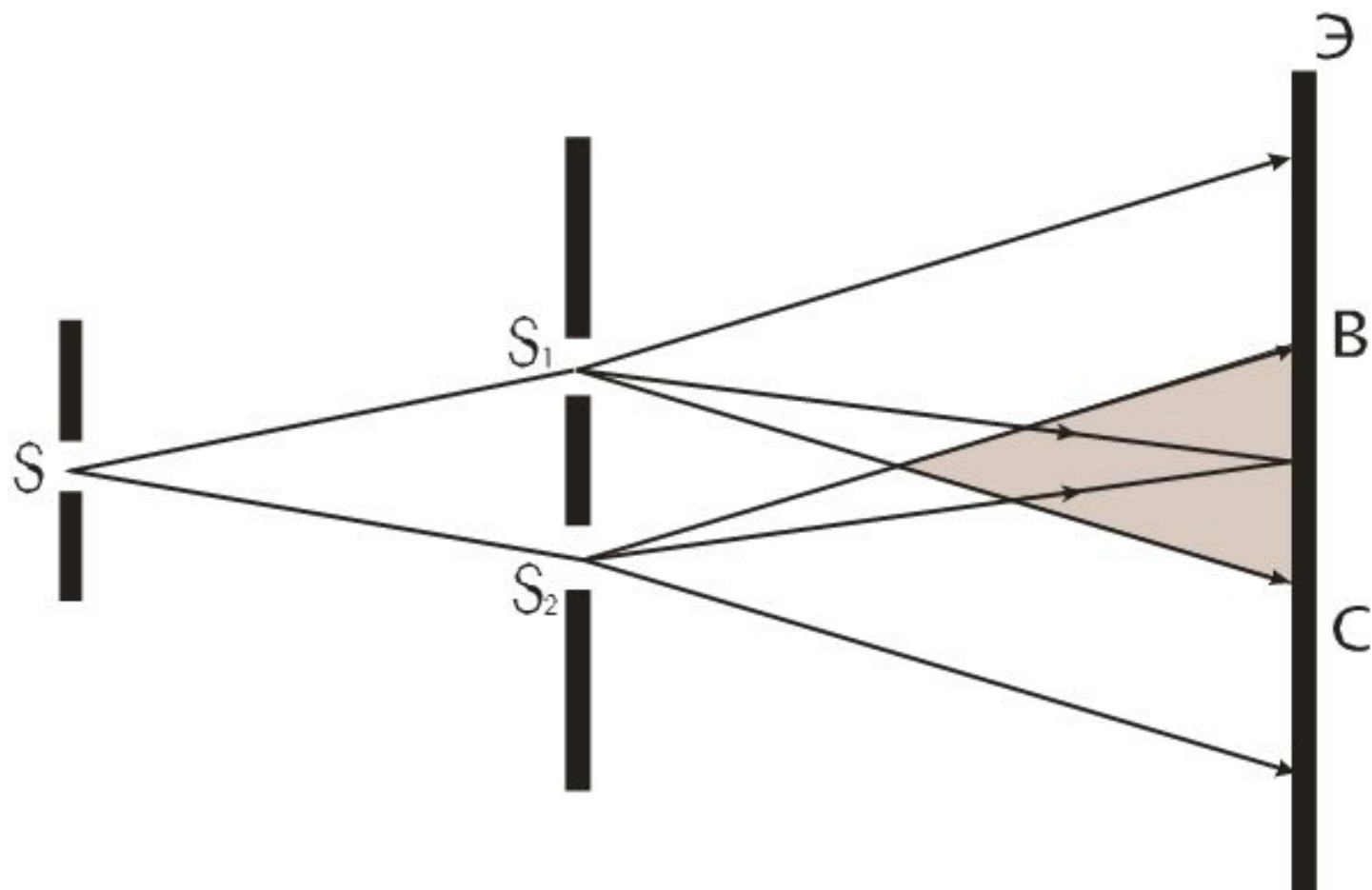
*интерференциялдық
максимум шарты*

$$\Delta = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$$

$$\delta = \frac{\pi}{2} + k\pi, k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

*интерференциялдық
минимум шарты*

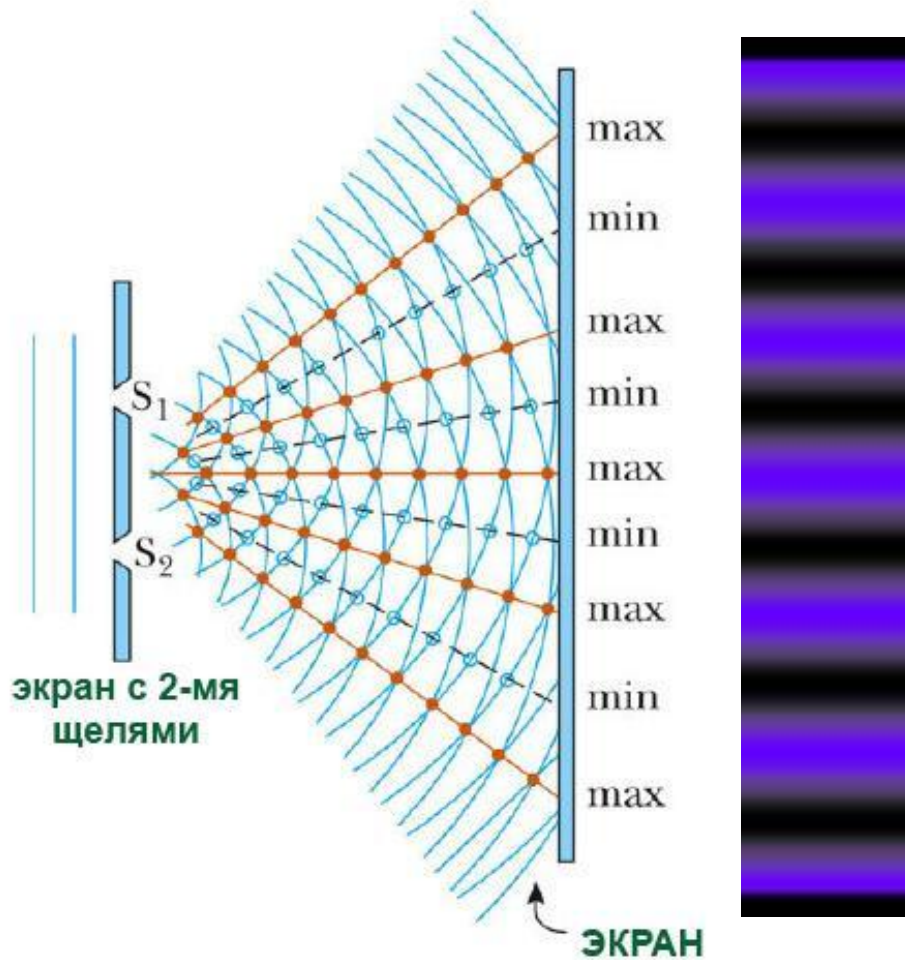
Юнг әдісі



Юнг әдісі

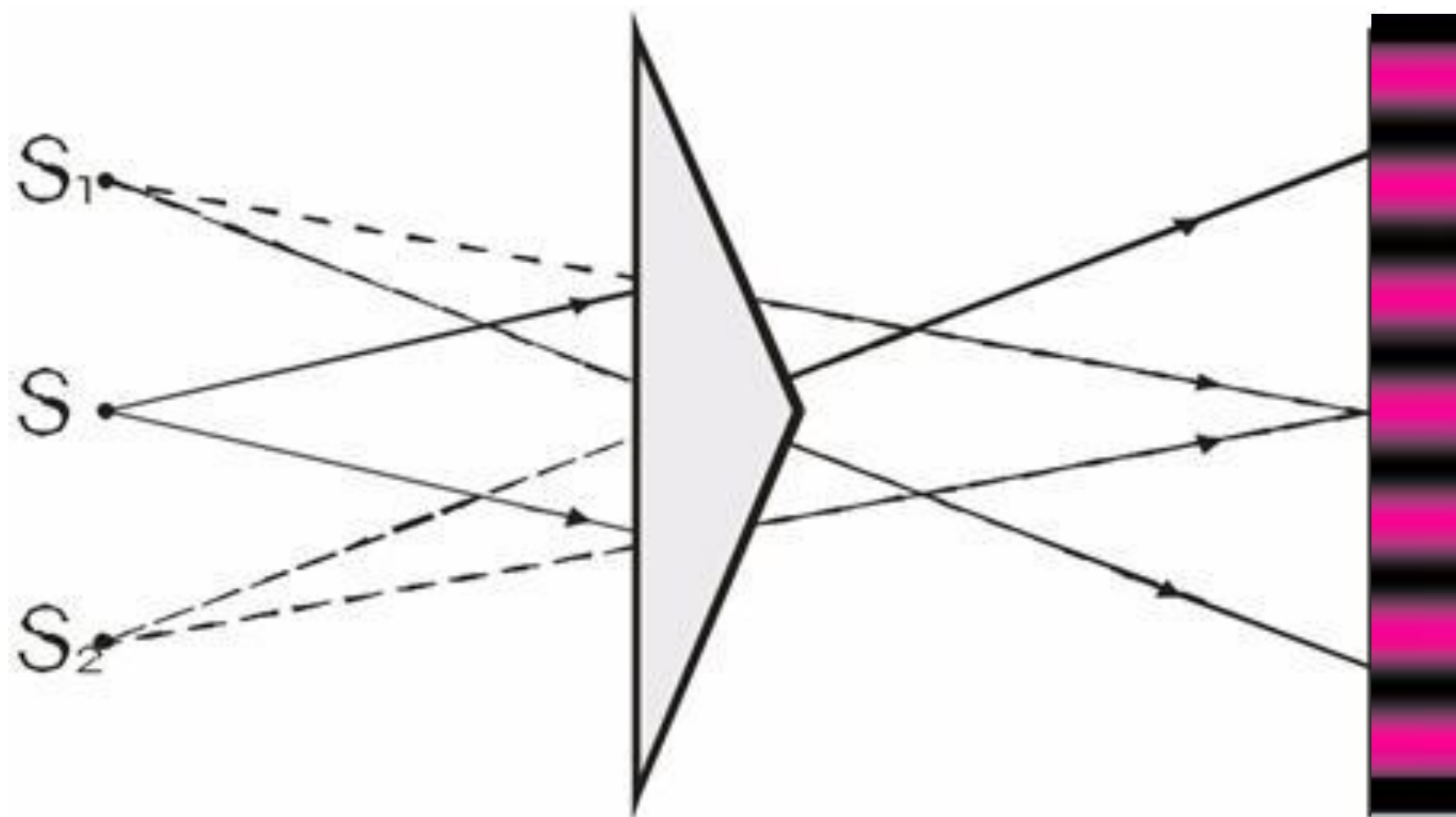


Томас Юнг

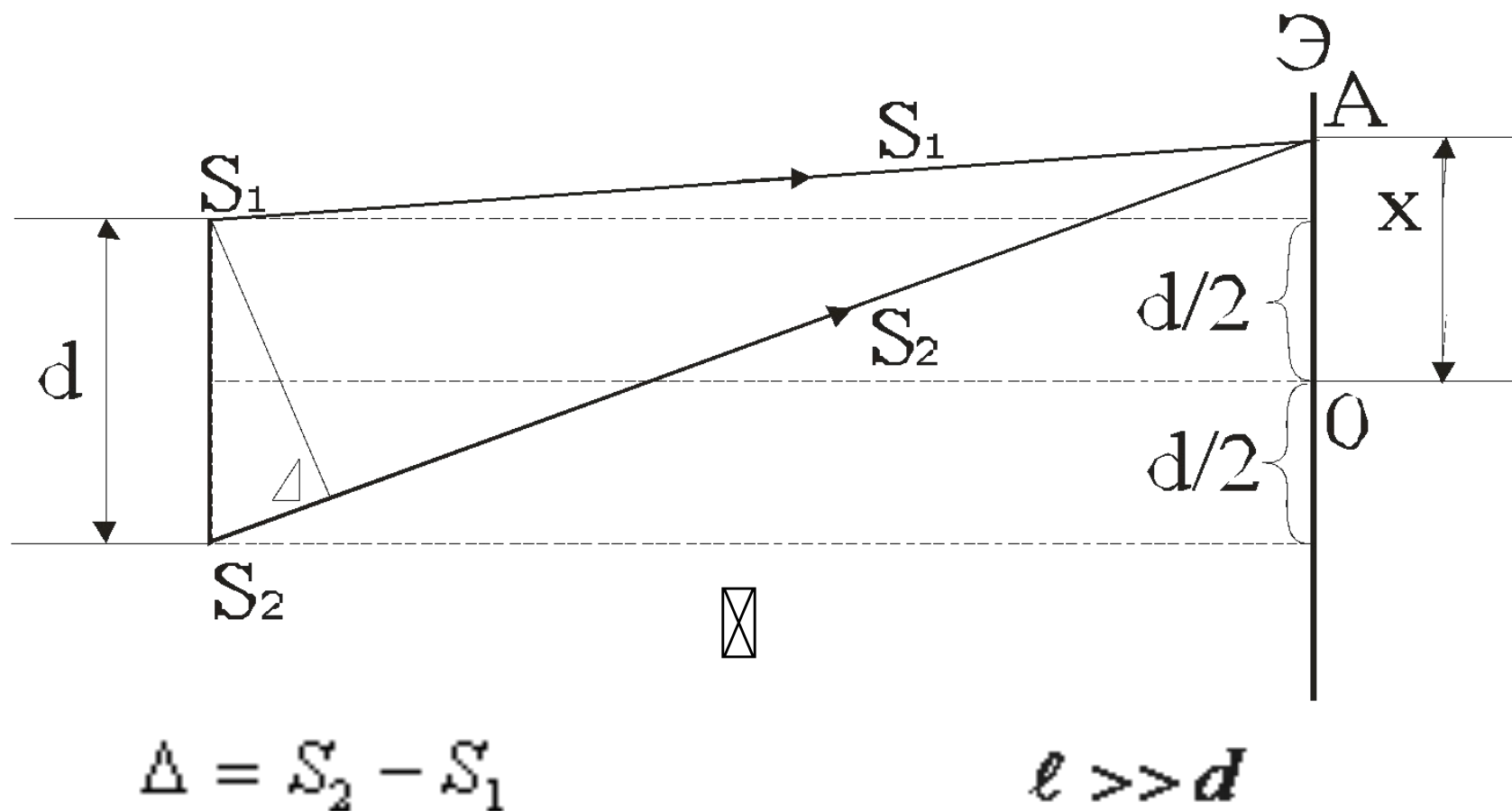


Екі саңылау арқылы өту кезінде толқындардың бөлінуінің нәтижесінде когеренттік толқындар алынады.

Френель бипризмы



Екі көзден пайда болған интерференциялық бейнені есептеу.



$$\Delta = S_2 - S_1$$

$$\ell \gg d$$

$$S_1^2 = \ell^2 + (x - d/2)^2$$

$$S_2^2 = \ell^2 + (x + d/2)^2$$

$$S_2^2 - S_1^2 = 2xd$$

$$\Delta = S_2 - S_1 = 2xd / (S_1 + S_2).$$

$$S_1 + S_2 \approx 2\ell$$

$$\Delta = \frac{xd}{\ell}$$

$$\Delta = m\lambda$$

Қарқындылық (интенсивтіліктің) максимумы:

$$x_{\max} = \pm m \frac{\lambda}{d}, \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$$

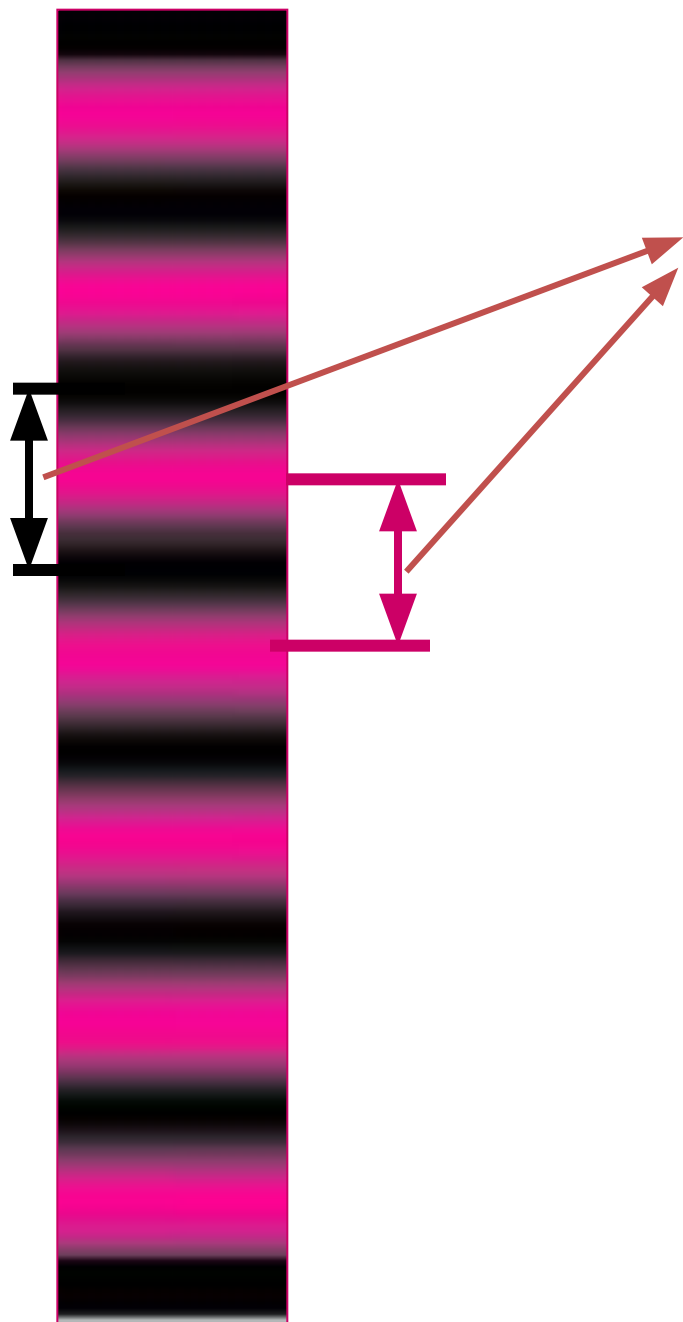
минимумы байқалады:

$$\Delta = (2m + 1) \frac{\lambda}{2}$$

$$X_{\min} = \pm \left(m + \frac{1}{2} \right) \frac{\lambda}{d} \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$$

Интерференция жолағының ені — көршілес екі максимумдар (немесе минимумдар) арасындағы қашықтық

$$\Delta x = \frac{\lambda}{d} \lambda_0 .$$

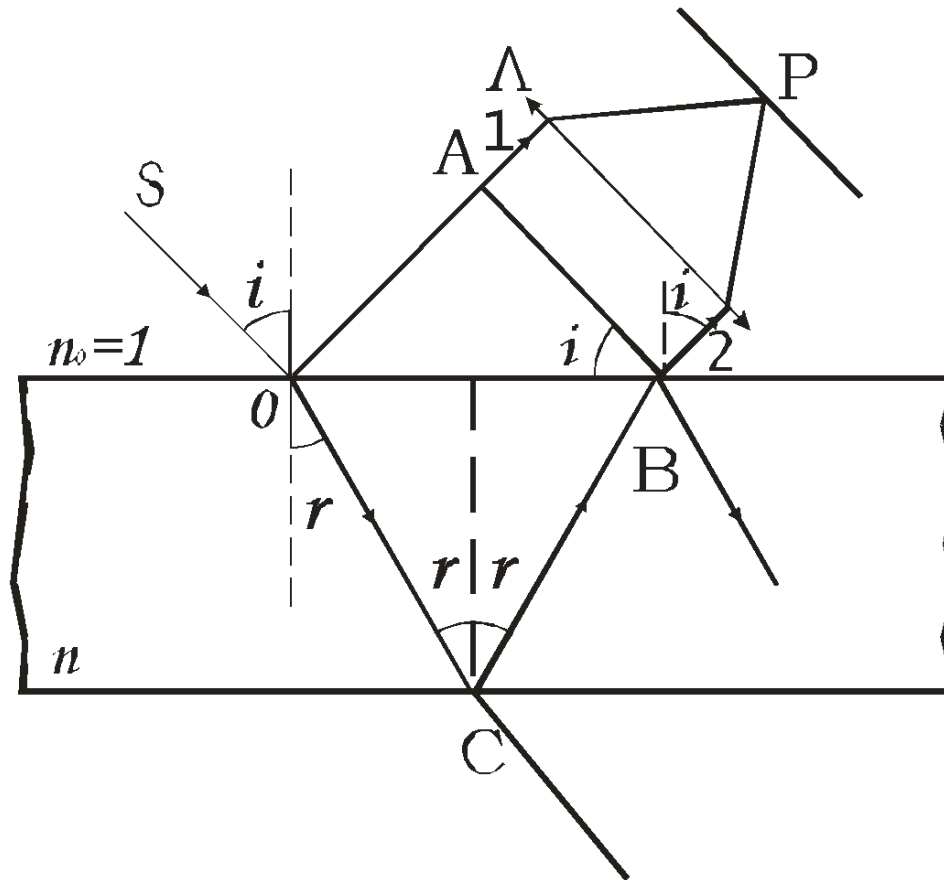


*интерференциялық
түзу қалыңдығы*

*интерференциялық түзу
қалыңдығы – екі көрші минимум
мен максимум ара қашықтығы.*

$$\Delta y = \frac{\lambda L}{d}$$

Жұқа пленкадағы интерференция.



$$\Delta = n(OC + CB) - (OA \pm \lambda_0 / 2)$$

$$n > n_0 \quad - \lambda_0 / 2$$

$$n < n_0 \quad + \lambda_0 / 2$$

$$|OC| = |CB| = d / \cos r \quad n(|OC| + |CB|) = 2nd / \cos r$$

$$|OA| = |OB| \sin i = 2d \cdot \operatorname{tgr} \sin i$$

$$\text{Сыну заңына сәйкесті,} \quad \sin i = n \sin r$$

$$\Delta = 2dn \cos r = 2dn \sqrt{1 - \sin^2 r} = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 i}$$

$$\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} \pm \frac{\lambda_0}{2}.$$

$$n > n_0 \qquad \Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} - \frac{\lambda_0}{2}.$$

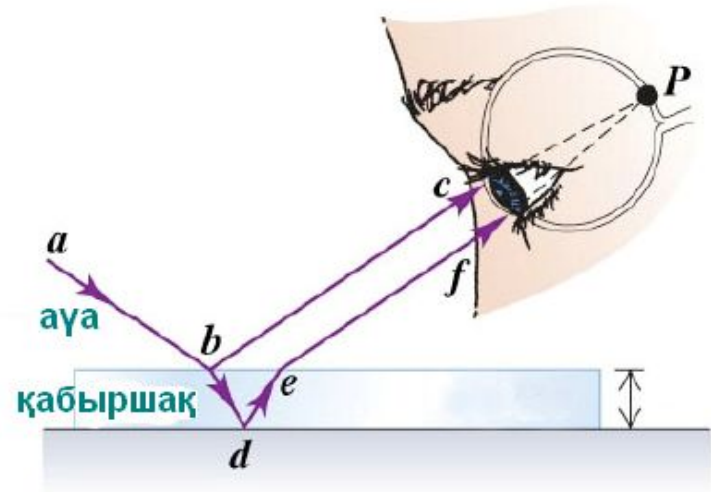
$$2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} + \frac{\lambda_0}{2} = m\lambda_0 \qquad (m = 0, 1, 2, \dots)$$

$$2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} + \frac{\lambda_0}{2} = (2m + 1)\frac{\lambda_0}{2}$$

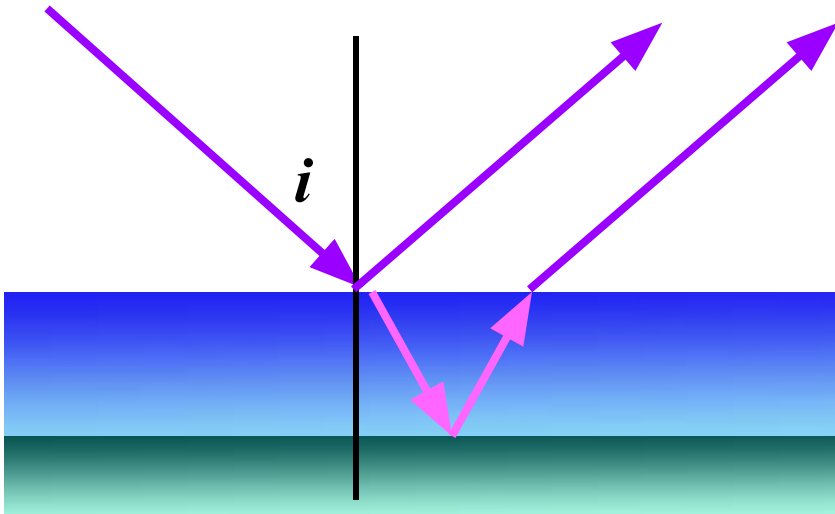
d — пленка қалыңдығы; n — оның сыну көрсеткіші; i — түсу бұрышы; r — сыну бұрышы; $m = 1, 2, 3, \dots$



ЖҰҚА ПЛЕНКАДАҒЫ ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ

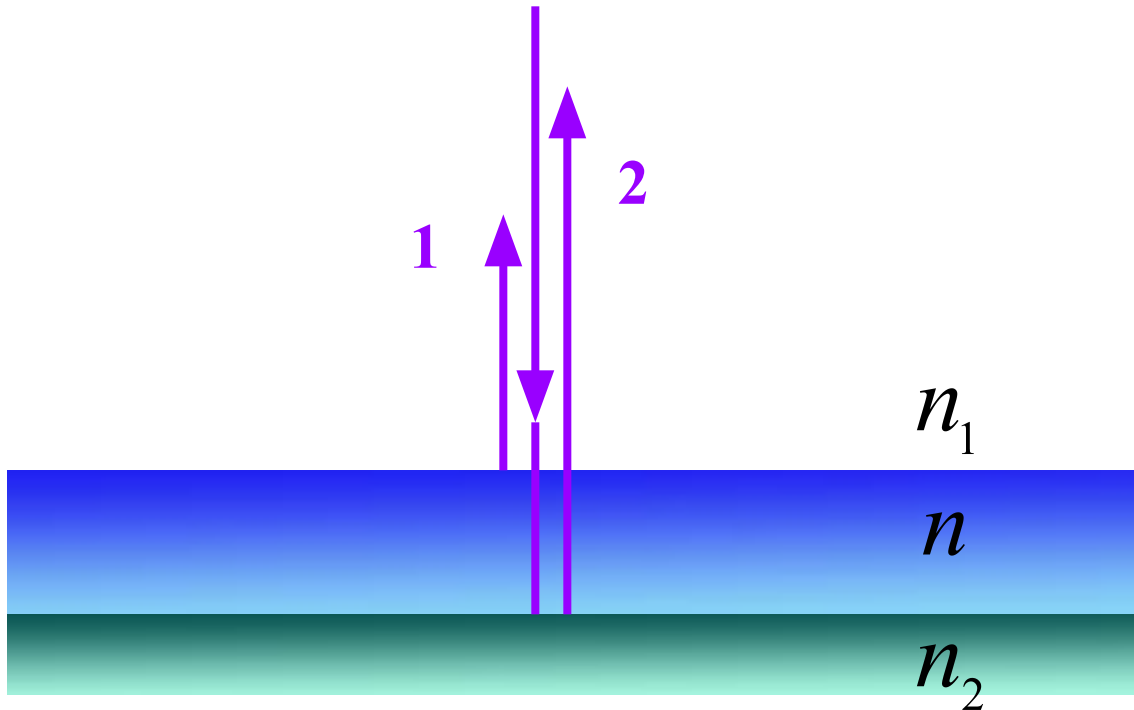


*Шағылған жарықтағы
максимумдар шарты*



$$2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} \pm \frac{\lambda}{2} = k\lambda$$

ЖҰҚА ПЛЕНКАДАҒЫ ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ



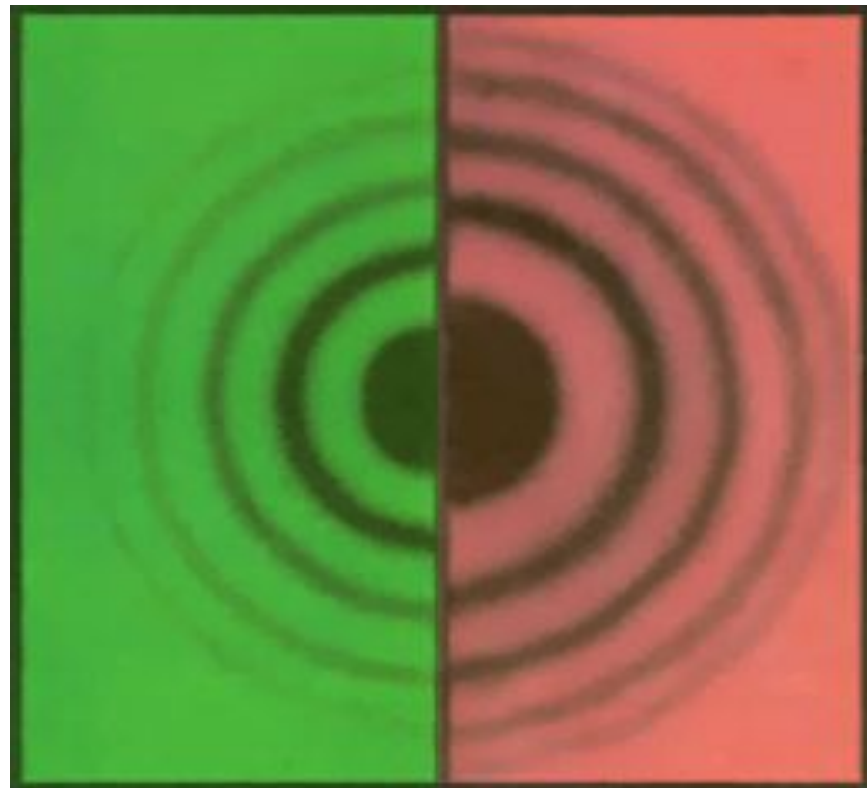
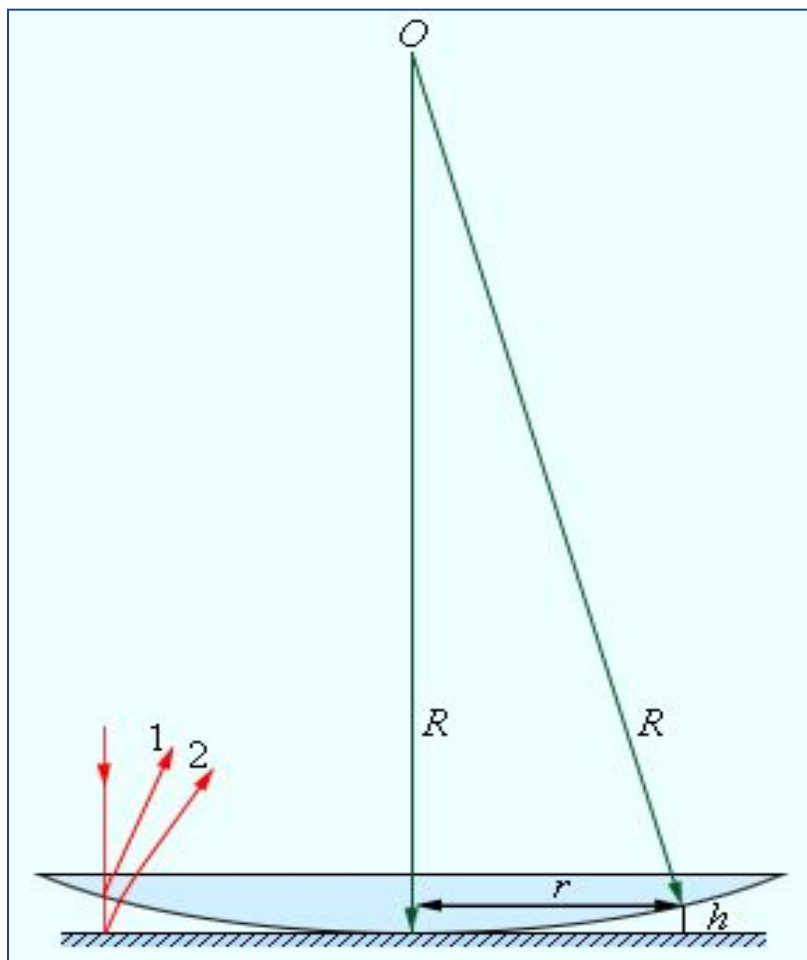
$$n_1 < n, n_2 < n$$

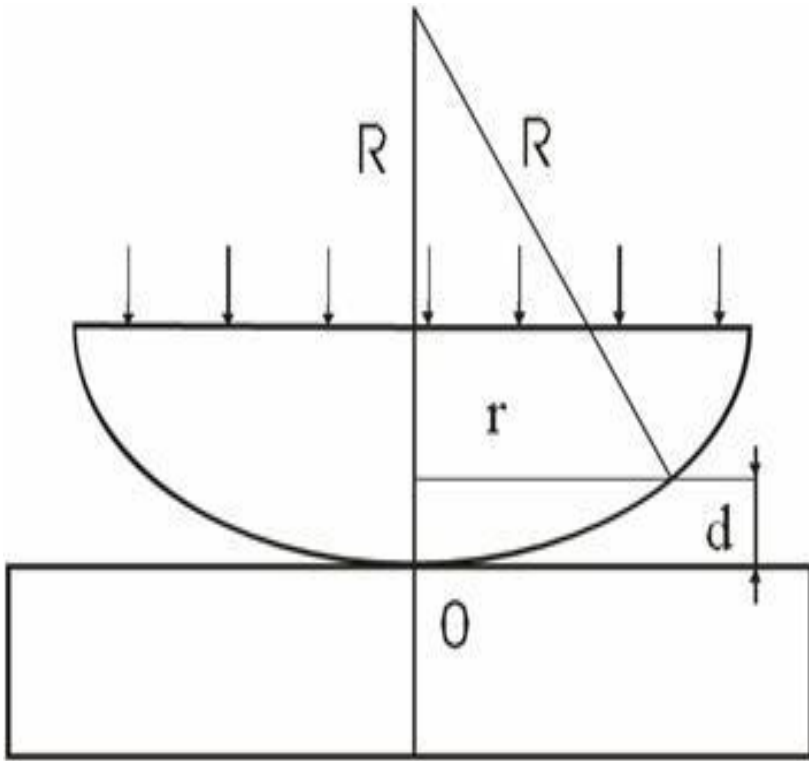
$$\Delta = 2nd + \frac{\lambda}{2}$$

$$2nd + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$$

ОПТИКАЛЫҚ ӨТЕ ТЫҒЫЗ ортадан шағылу кезіндегі тербеліс фазасы қарама-қарсы жарты толқынды жоғалтуға эквивалентті өзгереді.

Ньютон сақиналары





$$n = 1$$

$$\Delta = 2d + \lambda / 2$$

$$R^2 = (R - d)^2 + r^2$$

$$d = r^2 / (2R)$$

$$\Delta = r^2 / R + \lambda / 2$$

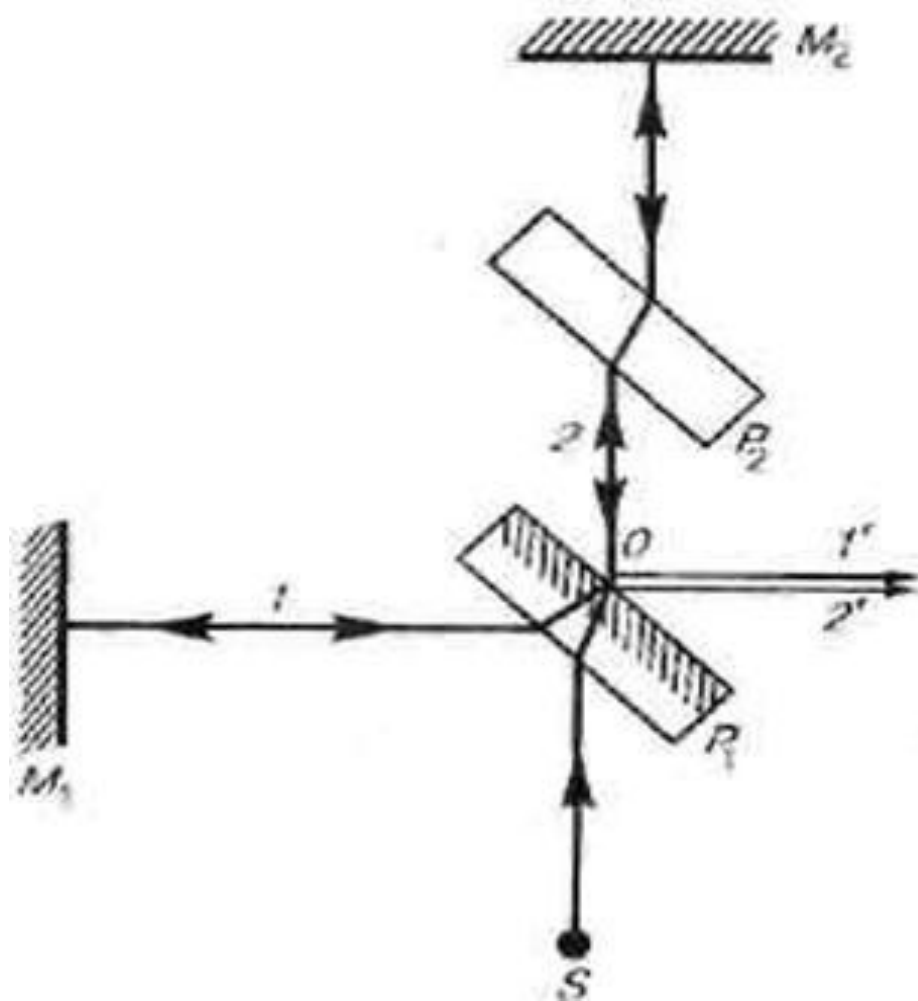
$$r_m = \sqrt{\left(m - \frac{1}{2}\right) \lambda R}$$

шағылған жарықта ашық
сақиналар радиусы
($m=1, 2, 3, \dots$).

$$r = \sqrt{m \lambda R}$$

шағылған жарықта күңгірт
сақиналар радиусы
($m=1, 2, 3, \dots$).

Майкельсон интерферометр



*Назар
аударғандарыңызға
рахмет!*