Department Physics

Md. Emon.

Roll. 2X0091

session :- 2020-2021

Subject : PHA-201, (optics)

.TH.

4. Interference / ব্যতিচার, হস্তক্ষেপ

আলোর ব্যতিচার হল একাধিক আলোক তরঙ্গের ঘটনা যা নির্দিষ্ট পরিস্থিতিতে একে অপরের সাথে মিথস্ক্রিয়া করে, যার ফলে তরঙ্গের সম্মিলিত প্রাবল্যতা বৃদ্ধি বা হ্রাস পায়।

ব্যতিচার হওয়ার শর্ত সমূহ:

(i) ব্যতিচার হওয়ার জন্য একাধিক আলোর উৎস একই হতে হবে,

(ii) আলোর তরঙ্গ একই কম্পাঙ্কের হতে হবে।

(iii) তরঙ্গের দিক একই হতে হবে।

(iv) তরঙ্গের বিস্তার একই হতে হবে।

WAVE | তরঙ্গ

Wave is a disturbance from equilibrium position which travels.

* wave is one kind of energy ~~which wave~~
~~particles are~~

→ wave particles do not travel

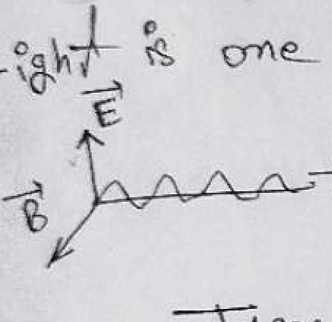
→ particles oscillates | কণা ~~তরঙ্গায়িত~~ কম্পিত হয়।

তরঙ্গ হলো এক প্রকার শক্তি যার মাধ্যমের কনা গুলোকে আগে সামনের দিকে না নিয়ে নিজের স্থানেই কম্পিত হয় এবং শক্তি গুলো এক স্থান হতে অন্য স্থানে প্রবাহিত হয়।

1

শক্তির উৎপত্তি স্থান হতে এর সাথে মাধ্যমের কনা গুলো লম্ব ভাবে কম্পায়িত হয়।

Light is one kind of electro-megnatic wave.



velocity/displacement of light

Types of wave

mechanical wave
(যার মাধ্যমের প্রয়োজন)
→ শব্দ তরঙ্গ
→ শব্দের জন্য তরঙ্গের মাধ্যমের প্রয়োজন, মাধ্যম ছাড়া শব্দ শোনা যায় না,

Non-mechanicle wave
যার মাধ্যমের প্রয়োজন নেই
→ আলোক তরঙ্গ, electro-megnatic wave
এর মাধ্যমের প্রয়োজন নেই, আলো চলাচলে কোনো মাধ্যমের প্রয়োজন হয় না।

Matter wave | ডি-ব্রগলির মতে, e বা কনাসমূহের সাথিত্য তরঙ্গদল হলো তাদের কণার প্রতিরূপ।

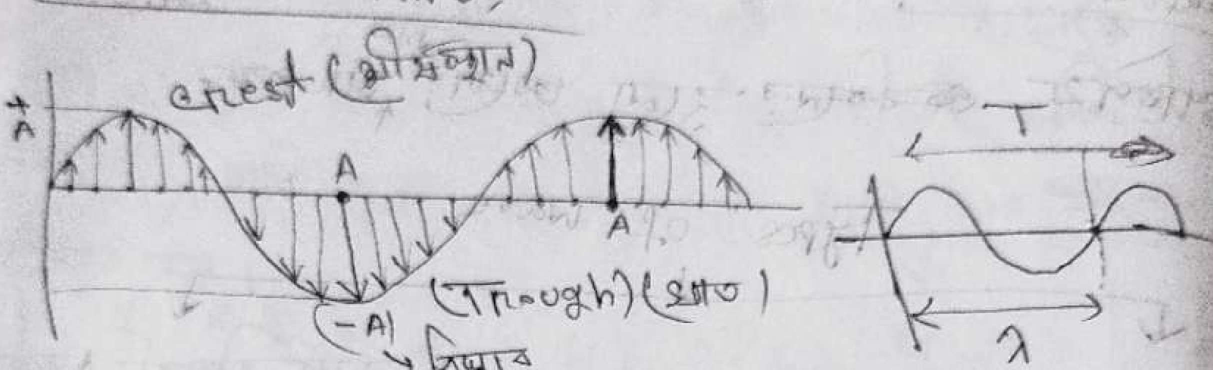
Types of wave

Transvers wave (অনুপ্রস্থ তরঙ্গ)

longgitudinal wave, (অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ)

* electromegnatic wave ছাড়া যত সব তরঙ্গ আছে, তা পরিবাহিত হওয়ার জন্য একটি মাধ্যমের প্রয়োজন। একটা তরঙ্গ বলতে প্রকৃতপক্ষে উক্ত তরঙ্গের সব কনা গুলোর আন্দোলিত বোঝায়। এবং আন্দোলন প্রকৃতপক্ষে একটি মাধ্যমে হয়ে থাকে। wave মূলত একটি মাধ্যমের কনার উপর নির্ভর করে। প্রত্যেকটি কনার স্থিতিস্থাপকতা গুনাবলি আছে। যার কারনে কনা গুলোর উপর বল প্রয়োগ করা হলেও সহজে স্থান পরিবর্তন করতে চায় না। কিন্তু বল এর কারনে তারা লম্বালম্বি ভাবে আন্দোলিত হয়।

wave এর পরিচিতি,



বিস্তার (A) | পর্যায়কালের যেই বিন্দুতে সর্বোচ্চ উচ্চতায় উঠে, তাকে ঐ তরঙ্গের বিস্তার বলে। প্রতেকটি কণা যতটুকু উপরে উঠে ঠিক ততটুকুই নমিতে যায়, যার ফলে শক্তি সমান ভাবে প্রবাহিত হয়।

তরঙ্গ দৈর্ঘ্য (λ) | একটি তরঙ্গ নির্দিষ্ট পরিমান পথ অতিক্রম করে, যখন আবার আগের জায়গায় ফিরে আসে তখন তাকে উক্ত তরঙ্গের দৈর্ঘ্য বলে।

পর্যায়কাল (T) | একটি পূর্ণ স্পন্দন দিতে তরঙ্গের যতটুকু সময় লাগে তাকে পর্যায়কাল বলে।

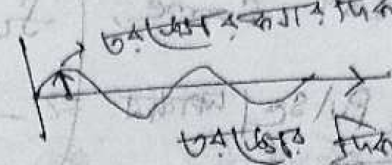
তরঙ্গের বেগ (v) | একক সময়ে যতটুকু দূরত্ব তরঙ্গ অতিক্রম করে তাকে তরঙ্গের বেগ বলে,

$$v = \frac{\lambda}{T} = f\lambda$$

কম্পাঙ্ক: একটি তরঙ্গ প্রতি সেকেন্ডে যে কয়টি কম্পন দেয়

তাকে উক্ত তরঙ্গের ~~কম্পন~~ কম্পাঙ্ক বলে। $\boxed{f = 1/T}$

Transverse wave
অনুপ্রস্থ তরঙ্গ



যেই তরঙ্গের কণার কম্পিত স্থান ও তরঙ্গের বেগের মধ্যবর্তী কোণ 90° সেই ~~সকল তরঙ্গকে অনুপ্রস্থ বলা~~ তাকে তরঙ্গ বলে। এই তরঙ্গের কণা গুলো পর্যায়ক্রমে সৃষ্টি সম্পন্ন। এই wave থাকে। মূলত: solid ও liquid surface এ এই wave থাকে। বায়বীয় মাধ্যমে থাকে না।

Longitudinal wave
অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ → তরল, কঠিন, ~~বায়বীয়~~ বায়বীয় মাধ্যমে এই wave বিদ্যমান

যেই তরঙ্গে অণুর কম্পনের দিক ও তরঙ্গের বেগের দিক সমান থাকে তাকে অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ বলে।

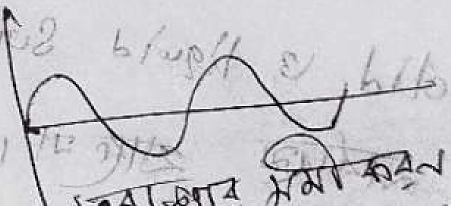
সংকোচন ও প্রসারণের মাধ্যমে শব্দ সামনের দিকে প্রবাহিত হয়।

অণুর কম্পনের দিক ও তরঙ্গের দিক সমান্তরাল।
মূলত শব্দ তরঙ্গের অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ।

যে কোনো মাধ্যমেই তরঙ্গের কম্পাঙ্ক একই থাকে।
Source যদি change না হয় তাহলে ভিন্ন মাধ্যমে
তরঙ্গের কম্পাঙ্ক same, $\boxed{f_w = f_A \Rightarrow \frac{V_w}{\lambda_w} = \frac{V_A}{\lambda_A}}$

→ Pulse / স্পন্দন

অগ্রগামী তরঙ্গ / Travelling wave : যে তরঙ্গ
(সামনে / পেছনের) দিকে অগ্রসর হয় তাকেই অগ্রগামী
তরঙ্গ বলে।



তরঙ্গের সমীকরণ,

$$y = A\sin(\omega t \pm \delta)$$

$$y = A\sin(\omega t - \delta)$$

$$= A\sin\left(2\pi n t - \frac{2\pi}{\lambda}\cdot x\right)$$

$$= A\sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}\cdot vt - \frac{2\pi}{\lambda}\cdot x\right)$$

দশা পার্থক্য, $\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \times x$ (পথ পার্থক্য)

$$= A\sin\frac{2\pi}{\lambda}(vt - x)$$

→ X অক্ষের ধনাত্মক দিকে কম্পন দেয়।

স্থির তরঙ্গ / stationary wave /

যেই সকল তরঙ্গ (সামনে/পিছে) অগ্রসর হয় না স্থির থাকে, তাই

স্থির তরঙ্গের শর্ত:

(i) দুটি তরঙ্গ আবদ্ধ, (ii) তরঙ্গ দুটির বিস্তার (A), কম্পাঙ্ক (n) সমান হতে হবে।

* যেই বিন্দুতে কোনো স্পন্দন হয় না, তাকে নিষ্পন্দন বিন্দু বলে

* সেই বিন্দুতে স্পন্দন আছে বা maximum স্পন্দন হয় তাকে ~~সুস~~ সুস্পন্দন বিন্দু বলে।

সুসংগত উৎস:

Coherent source | দুটি তরঙ্গের কম্পাঙ্ক এবং দুটি তরঙ্গ পর্যায় পার্থক্য ~~...~~ সমান হলে, ~~তাদেরকে~~ দুটি উৎসকে ~~সুসংগত~~ সুসংগত বলা হয়।

One dimentional differential wave equation

~~Important~~

তরঙ্গ, মূলত সময়, দিক, ~~স্থান ও~~ স্থান তার উপর নির্ভর করে,

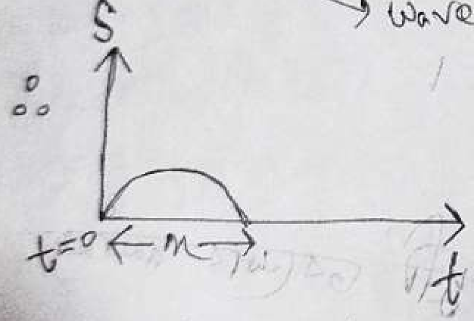
যদি ~~ψ~~, $\psi(x,t)$ = wave equation ~~হয় তাহলে~~

↳ সময়ের সাথে তরঙ্গের অবস্থান বুঝায়

$\psi(x,t) = f(x,t)$

↳ function of a (displacement & time)

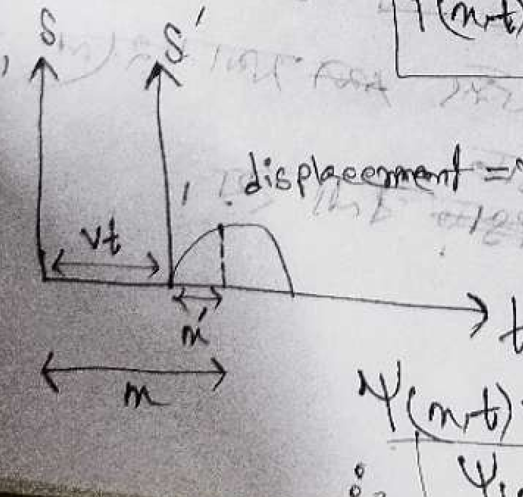
↳ wave এর আকার denode করে।

∴ 

এখানে, একটি স্পন্দন, ~~t~~ = 0 সময়ে wave equation হবে

$$\boxed{\psi(x,t)\Big|_{t=0} = f(x) \quad \text{---(i)}}$$

আবার,



displacement = vt + x' নতুন স্পন্দন এর ~~যেকোনো বিন্দুতে দূরত্ব~~,

→ New pulse এর function

$\psi(x,t) = f(x')$

$$\therefore \boxed{\psi(x,t) = f(x - vt) \quad \text{--- (ii)}}$$

এখানে,

$f(x') = f(x \mp vt)$

x অক্ষের ঋণাত্মক দিকে (−)
x অক্ষের ধনাত্মক দিকে (+)
$(x' = x \mp vt)$

∴ (i) নং সমীকরণকে (x) এর সাপেক্ষে পারশিয়াল differentiation বা আংশিক অন্তরীকরণ করে পাই,

$$\psi(x,t) = f(x') \Rightarrow \frac{\partial}{\partial x}\psi(x,t) = \frac{\partial f(x')}{\partial x}$$

$$= \frac{\partial f(x')}{\partial x'} \cdot \frac{\partial x'}{\partial x} = \frac{\partial f(x')}{\partial x'} \cdot \frac{\partial (x \mp vt)}{\partial x}$$

$$= \frac{\partial f(x')}{\partial x'}(1 \mp 0) \qquad \boxed{\therefore \frac{\partial}{\partial x}\psi(x,t) = \frac{\partial f(x')}{\partial x'} \quad \text{(iii)}}$$

(iii) কে আবার x এর সাপেক্ষে আংশিক অন্তরীকরণ করে পাই,

$$\frac{\partial}{\partial x}\left\{\frac{\partial}{\partial x}\psi(x,t)\right\} = \frac{\partial}{\partial x}\left\{\frac{\partial f(x')}{\partial x'}\right\}$$

$$\Rightarrow \frac{\partial^2}{\partial x^2}\psi(x,t) = \frac{\partial}{\partial x'} \cdot \frac{\partial f(x')}{\partial x'} \cdot \frac{\partial x'}{\partial x}$$

$$\Rightarrow \frac{\partial^2 \psi(x,t)}{\partial x^2} = \frac{\partial}{\partial x'} \cdot \frac{\partial f(x')}{\partial x'} \cdot \frac{\partial (x \mp vt)}{\partial x}$$

$$\Rightarrow \frac{\partial^2 \psi(x,t)}{\partial x^2} = \frac{\partial}{\partial x'} \cdot \frac{\partial f(x')}{\partial x'} (1 \mp 0)$$

$$\therefore \boxed{\frac{\partial^2 \psi(x,t)}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 f(x')}{\partial x'^2}} \text{ --- (iv)}$$

আবার,
(i) নং সমীকরণকে t এর সাপেক্ষে আংশিক অন্তরীকরণ করে,
* কারণ, এর নং সমীকরণে $t = 0$ ~~নাই~~ পাই,

$$\frac{\partial}{\partial t} \psi(x,t) = \frac{\partial}{\partial t} f(x') = \frac{\partial}{\partial t} f(x')$$

$$\Rightarrow \frac{\partial \psi(x,t)}{\partial t} = \frac{\partial f(x')}{\partial x'} \cdot \frac{\partial x'}{\partial t} = \frac{\partial f(x')}{\partial (x')} \cdot \frac{\partial (x \mp vt)}{\partial t}$$

$$\Rightarrow \frac{\partial \psi(x,t)}{\partial t} = \frac{\partial f(x')}{\partial x'} \cdot (0 \mp v)$$

$$\therefore \boxed{\frac{\partial \psi(x,t)}{\partial t} = \mp v \frac{\partial f(x')}{\partial x'}} \text{ --- (v)}$$

(v) নং কে আবার t এর সাপেক্ষে আংশিক অন্তরীকরণ করে পাই,

$$\frac{\partial}{\partial t}\left\{\frac{\partial \psi(x,t)}{\partial t}\right\} = \frac{\partial}{\partial t}\left\{\mp v \cdot \frac{\partial f(x')}{\partial x'}\right\}$$

$$\Rightarrow \frac{\partial^2 \psi(x,t)}{\partial t^2} = \mp v \cdot \frac{\partial}{\partial x'} \cdot \frac{\partial f(x')}{\partial x'} \cdot \frac{\partial x'}{\partial t}$$

$$= \mp v \frac{\partial^2 f(x')}{\partial x'^2} \cdot \frac{\partial (x \mp vt)}{\partial t}$$

$$= \mp v \frac{\partial^2 f(x')}{\partial x'^2} \cdot (0 \mp v)$$

$$\therefore \boxed{\frac{\partial^2 \psi(x,t)}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 f(x')}{\partial x'^2}} \quad \text{(vi)}$$

(vi) নং সমীকরণে $\frac{\partial^2 f(x')}{\partial x'^2}$ এর মান (iv) নং সমীকরণের মান বসিয়ে পাই,

$$\frac{\partial^2 \psi(x,t)}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 \psi(x,t)}{\partial x^2}$$

$t = 0$ হলে, $f(x) = f(x')$

$$\Rightarrow \frac{\partial^2 \psi(x,t)}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2}\left\{\frac{\partial^2 \psi(x,t)}{\partial t^2}\right\}$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}}$$ → For one dimentional differential wave equation

∴ For 3-dimentional differential WAVE equation

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}$$

$$\Rightarrow \boxed{\nabla^2 \psi = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}} \qquad \left[\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} = \nabla^2\right]$$

3-dimentional differential wave equation

Harmonic wave | সরল ছন্দিত স্পন্দন গতি

(i) এটি একটি পর্যায়বৃত্ত গতি (ii) এটি একটি স্পন্দন গতি
(iii) সরলরৈখিক গতি (iv) ত্বরণের দিক সর্বদা একটি নির্দিষ্ট বিন্দু অভিমুখী (সাম্যাবস্থা)
(v) এটি যেকোনো মুহূর্তে ত্বরণ সরণের সমানুপাতিক এবং বিপরীত মুখী, ($a \propto -x$).

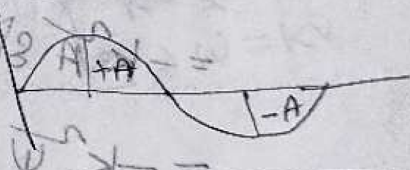
এই তরঙ্গ যেই পথ দিয়ে যায়, আবার সেই পথে ফিরে আসে।

A harmonic wave is the simplest wave form, one for which the profile in a sine or cosine curve these are known as sinusoidal wave also,

$$\psi(x,t)\big|_{t=0} = \psi(x) = A \sin kx = f(x) \quad \text{—(i)}$$

Here, k = Propagation number (positive number constant)

The maximum disturbance is known as the amplitude, of the wave



বিস্তার ψ

$\therefore \psi(x)\big|_{max} = +A, \quad \psi(x)\big|_{min} = -A$

$\therefore$ Wave এর ~~equation হলো~~,

$\cancel{\psi(x,t) = A \sin k(x - vt)}$

$x' = x - vt$

$\boxed{\text{স্থান}/ K = \frac{\omega}{v} \ (m^{-1})}$

spatial frequency, $K = \frac{1}{\lambda}$

$= \frac{2\pi}{\lambda}$

for $\frac{1}{\lambda}$ হয় ভুল

$$\psi(x,t) = A \sin kx'$$

$$= A \sin k(x - vt) \quad \text{—(ii)}$$

(ii) নং সমীকরণকে x এর সাপেক্ষে একবার ব্যাবকলন অন্তরীকরণ করে পাই,

$$\frac{\partial \psi}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x}\left[A \sin k(x-vt)\right]$$

$$= A \cos k(x-vt) \cdot k = kA \cos k(x-vt)$$

∴ আবার $\frac{\partial \psi}{\partial x}$ কে x এর সাপেক্ষে একবার ব্যাবকলন অন্তরীকরণ করে পাই,

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = \frac{\partial}{\partial x}\left[kA \cos k(x-vt)\right]$$

$$= kA\{-\sin k(x-vt)\} \cdot k$$

$$= -k^2 A \sin k(x-vt)$$

$$= -k^2 \psi \quad [A \sin k(x-vt) = \psi]$$

$$\therefore \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = -k^2 \psi \text{ ——— (iii)}$$

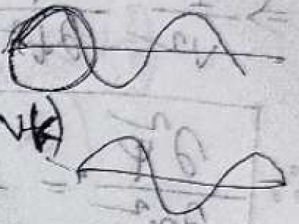
আবার, (ii) নং সমীকরণকে t এর সাপেক্ষে একবার ব্যাবকলন অন্তরীকরণ করে পাই,

$\therefore \frac{\partial \psi}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t}\left[A \sin k(x - vt)\right]$

$= A \cos k(x - vt) \cdot (-vk)$

$= -Avk \cos k(x - vt)$

$\frac{\partial \psi}{\partial t}$ কে আবার t এর সাপেক্ষে আংশিক ব্যবকলন $\frac{\partial}{\partial x}$ করে পাই



$\frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = \frac{\partial}{\partial t}\left(-Avk \cos k(x - vt)\right)$

$\Rightarrow \frac{\partial^2}{\partial t^2}(\psi) = -Avk \left\{-\sin k(x - vt)\right\} \cdot (-vk)$

$\Rightarrow \frac{\partial^2}{\partial t^2}(\psi) = -Av^2k^2 \sin k(x - vt)$

$\Rightarrow \frac{\partial^2}{\partial t^2}(\psi) = -k^2v^2\psi = -\omega^2\psi$ $\left[k = \frac{\omega}{v} \Rightarrow \omega = kv \right.$

$\therefore \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = -\omega^2 \psi$ ——— (iv)

(iv) নং সমীকরণকে $\left(\frac{1}{v^2}\right)$ দ্বারা গুণ করে পাই

$\therefore \frac{1}{v^2}\frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = -\frac{1}{v^2}\omega^2\psi$ $\left[k = \frac{\omega}{v} \Rightarrow v = \frac{\omega}{k} \right.$

$= -\frac{1}{\frac{\omega^2}{k^2}} \cdot \omega^2 \psi$

$$\Rightarrow \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = -\frac{\omega^2 k^2 \psi}{\omega^2}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{v^2} \cdot \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = -k^2 \psi \quad \text{—— (v)}$$

(v ও iii) নং সমীকরণ ~~অনুযায়ী~~ করে পাই,

$$\Rightarrow \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2}$$

$$\therefore \boxed{\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \cdot \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}}$$

Harmonic wave differential equation

এখানে,

$K = \frac{\omega}{v}$, K কে special frequency // wave number বলা হয়, একে $\frac{1}{\lambda}$ ও লেখা যায়

$K = \frac{1}{\lambda}$

→ একক দৈর্ঘ্যে যত গুলো পূর্ণ তরঙ্গ সম্পন্ন হয় তাকেই wave number বা special frequency বলে।

Proved that $\psi(x,t) = A \sin k(x \mp vt)$ can also be represented as $\psi(x,t) = A \sin(kx \mp \omega t)$

$\therefore k = \frac{1}{\lambda}$ যদি তরঙ্গ একটি পূর্ণ ঘূর্ণন সম্পন্ন করে তাহলে wave number বা special frequency হবে,

$k = \frac{2\pi}{\lambda}$; আবার $v = f\lambda$; $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$

$$\therefore \psi(x,t) = A \sin k(x \mp vt) = A \sin(kx \mp kvt)$$

$$= A \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot x \mp \frac{2\pi}{\lambda} \cdot f\lambda \cdot t\right)$$

$$= A \sin(kx \mp 2\pi f \cdot t)$$

$$= A \sin(kx \mp \omega t)$$

$\therefore$ it's proved that $\psi(x,t)$ also can written by as $A \sin(kx \mp \omega t)$

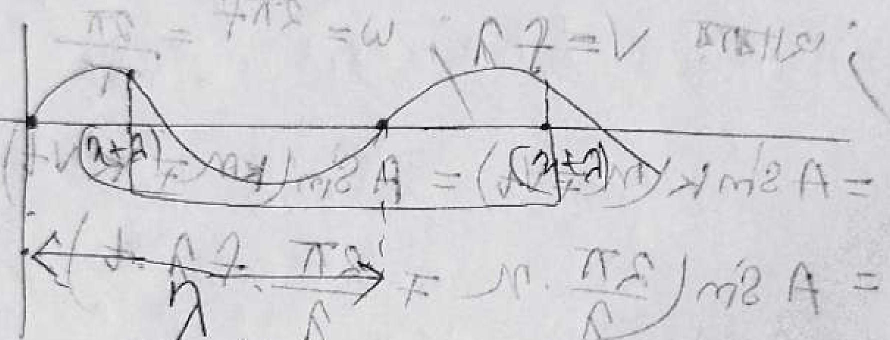
$k = \frac{\omega}{v}$, Here, $\omega = 2\pi f$; $v = f\lambda$

আবার, $k = 2\pi/\lambda$

$\therefore \frac{\omega}{v} = \frac{2\pi f}{f\lambda} = \frac{2\pi}{\lambda} = k$ $\therefore k = \frac{\omega}{v}$ (Proved)

Special Period / wave length

একটি তরঙ্গ নির্দিষ্ট পরিমাণ পথ অতিক্রম করে যতটা আবার আগের পথে ফিরে আসতে যতটুকু দূরত্ব অতিক্রম করে, তাকেই তরঙ্গ দৈর্ঘ্য বলে, একে λ দ্বারা প্রকাশ করা হয়,



∴ তরঙ্গের সমীকরণ হবে

$$\psi(x,t) = \psi(x \pm \lambda, t) \text{ হবে}$$

$$\Rightarrow A \sin k(x - vt) = A \sin k[(x \pm \lambda) - vt]$$

(ii) $$= A \sin k[(x - vt) \pm \lambda]$$

$$= A \sin [k(x - vt) \pm k\lambda] \quad \text{— (i)}$$

for travelling wave

যদি একটি কেবল একটি পূর্ণ কম্পন দেয় বা λ দূরত্ব অতিক্রম করা মানে 2π পথ অতিক্রম করা, তাহলে (ii) এবং তরঙ্গের সমীকরণ যদি 2π পথ অতিক্রম করে.

~~তাহলে,~~ $\cancel{\psi(x,t) = A \sin k [x}$

তাহলে সমীকরণ হবে,

$$\psi(x,t) = A \sin[k(x - vt) \pm 2\pi] \longrightarrow \text{(iii)}$$

∴ (ii ও iii) নং সমীকরণ সমন্বয় করলে দেখা যায় যে,

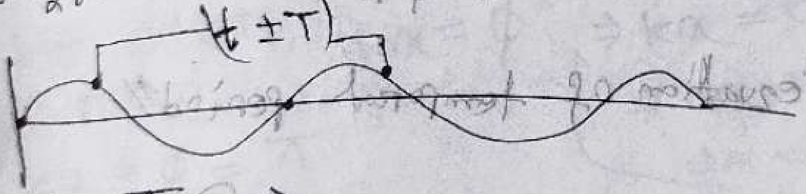
$$k\lambda = 2\pi$$

$$\Rightarrow \boxed{k = \frac{2\pi}{\lambda}} \rightarrow$$ "special [wave lengthe] equation"

it's one kind of special frequency.

Temporal period | Time period → একটি পূর্ণ স্পন্দন দিতে যতটুকু সময় লাগে তাকেই পর্যায় কাল বলে।

$(t \pm T)$



$\leftarrow T \rightarrow$

∴ সময়ের জন্য ওঃলনে,

$\psi(x,t) = \psi(x, t \pm T)$ লেখা যায়,

$$= A \sin k(x - vt) \quad\Big|\quad = A \sin k[x - v(t \pm T)]$$

$$= A \sin[kx - kvt \pm kvT]$$

$\therefore \psi(x, t \pm T)$

$= A \sin[k(x - vt) \pm kvT]$ ——— (i)

আবার, $\psi(x,t)$ সমীকরণ যদি 2π পথ ব্যবধান অতিক্রম করে

তাহলে নতুন সমীকরণ হবে,

$\psi(x,t) = A \sin[k(x - vt) \pm 2\pi]$ ——— (ii) → পথ (ব্যবধান / বিচ্যুতির) জন্য।

$\therefore$ (i ও ii) নং সমীকরণ তুলনা করে পাই,

$$KVT = 2\pi \Rightarrow T = \frac{2\pi}{KV}$$

$$\Rightarrow T = \frac{2\pi}{\frac{2\pi}{\lambda} \cdot f\lambda} \qquad \boxed{k = \frac{2\pi}{\lambda},\ v = \nu\lambda = f\lambda}$$

$$\Rightarrow \boxed{T = \frac{1}{f}}$$ "equation of temporal period"

Phase | দশা | সাম্যাবস্থার সাপেক্ষে দুলায়মান বিন্দুটি যে কোণ উৎপন্ন করে তাকে দশা বলে,

একে $\phi = \omega t \pm \delta$ বলা হয়, δ = আদি দশা

[illegible], travelling wave এবং Simple harmonic wave

equation এর sign এর অনুসারে,

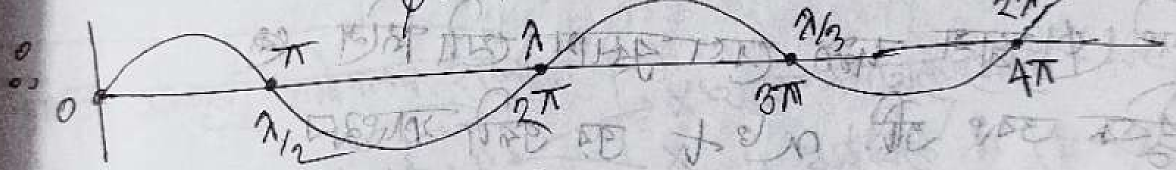
Simple harmonic wave এর ক্ষেত্রে, | ~~SHMA~~ SHM → Simple Harmonic motion

$\psi = A \sin kx$; phase, $\phi = kx$

For travelling wave,

$\psi = A \sin k(x - vt)$; phase, $\phi = k(x - vt)$

$\phi = 0, \pi, 2\pi, 3\pi, 4\pi, \cancel{5\pi}$



$\therefore$ SHM এর ক্ষেত্রে, $kx = \phi$ $\Rightarrow kx = 0$

$\Rightarrow kx = 0 \Rightarrow \frac{2\pi}{\lambda} = 0$

$\Rightarrow x = 0$

$\phi = \pi$ হলে

$\therefore kx = \phi = \pi$

$\Rightarrow kx = \pi \Rightarrow x = \frac{\pi}{k} = \frac{\pi}{2\pi/\lambda}$

$\Rightarrow x = \lambda/2$

Phase velocity | The velocity with which a constant phase of the wave propagates in a medium is called phase velocity.

যে বেগের সাহায্যে তরঙ্গের একটি ধ্রুবক পর্যায় একটি মাধ্যমে প্রচার করে তাকে ~~ফেজ~~ বা দশা বেগ বলে।

যেহেতু দশা বেগে সময়ের ও সরণের সম্পর্ক আছে তাই বলা যেতে পারে, $\phi(x,t) = \text{Constant}$

যেখানে ϕ দ্বারা দশা বেগ বুঝায় যেটা কিনা ধ্রুবক এবং এটি x ও t এর একটি ফাংশন।

$$\therefore \frac{d}{dt}\phi(x,t) = \frac{d}{dt}\text{Constant}$$ [সময়ের সাপেক্ষে অন্তরীকরণ করে পাই]

$$\Rightarrow \frac{d}{dt}\phi(x,t) = 0$$

$$\Rightarrow \left(\frac{\partial\phi}{\partial x}\right)_t \cdot \left(\frac{\partial x}{\partial t}\right)_\phi + \left(\frac{\partial\phi}{\partial t}\right)_x \left(\frac{\partial t}{\partial t}\right)_\phi = 0$$

$$\Rightarrow \left(\frac{\partial \phi}{\partial x}\right)_t \left(\frac{\partial x}{\partial t}\right)_\phi + \left(\frac{\partial \phi}{\partial t}\right)_x = 0$$

$$\Rightarrow \left(\frac{\partial \phi}{\partial x}\right)_t \left(\frac{\partial x}{\partial t}\right)_\phi = -\left(\frac{\partial \phi}{\partial t}\right)_x$$

$$\Rightarrow \boxed{\left(\frac{\partial x}{\partial t}\right)_\phi = -\frac{\left(\frac{\partial \phi}{\partial t}\right)_x}{\left(\frac{\partial \phi}{\partial x}\right)_t}} \quad \text{—— (i)}$$

→ Constant দশায়, অবস্থানের সময়ের পরিবর্তনই দশাবেগ।

দশার সম্পূর্ণ সমীকরণ হলো

$$\boxed{\phi(x,t) = kx \pm \omega t \pm \delta}$$

→ X অক্ষের ঋণদিকে গেলে (−ve)
X ,, ধনদিকে ,, (+ve)

$$\therefore \left(\frac{\partial \phi}{\partial t}\right)_x = 0 \pm \omega \pm 0 \Rightarrow \left(\frac{\partial \phi}{\partial t}\right)_x = \pm\omega \quad \text{—— (ii)}$$

x constant

$$\therefore \left(\frac{\partial \phi}{\partial x}\right)_t = k \pm 0 \pm 0 \Rightarrow \left(\frac{\partial \phi}{\partial x}\right)_t = k \quad \text{—— (iii)}$$

(ii ÷ iii) করেপাই,

$$\frac{\left(\frac{\partial \phi}{\partial t}\right)_x}{\left(\frac{\partial \phi}{\partial x}\right)_t} = \frac{\pm \omega}{k} \Rightarrow \left(\frac{\partial x}{\partial t}\right)_\phi = \frac{\pm \omega}{\pm k}$$

$$\therefore \left(\frac{\partial x}{\partial t}\right)_\phi = V_p = \frac{\pm \omega}{k}$$

$$\therefore \boxed{V_p = \frac{\pm \omega}{k}} \text{ --- (iv)}$$

→ Phase velocity $\left[V_p = \pm \frac{\omega}{k} \right]$

Group velocity

The group velocity of wave is the velocity with which the overall shape of the wave amplitudes known as the modulation or ~~envelove~~ envelope of the wave that propagates through space.

Group velocity: গ্রুপ বেগ হলো সেই বেগ যার সাহায্যে তরঙ্গের ~~বিস্তার~~ বিস্তার সামগ্রিক আকৃতি যা ~~মাধ্যমের~~ মাধ্যমের মধ্য দিয়ে প্রচারিত তরঙ্গের ~~বিস্তার~~ সুরের নানা রূপে বিস্তার প্রসার করে।

অথবা, যে গতিতে একটি তরঙ্গের আকৃতি ভ্রমণ করে।

∴ group velocity তে অন্তত দুটি তরঙ্গ তরঙ্গ থাকে যেখানে তাদের বেগ অসমান অর্থাৎ কম্পাঙ্ক ও তরঙ্গের কৌণিক বেগ অসমান"

∴ ধরি, $y_1 = a \sin(k_1 x - \omega_1 t)$

$$y_2 = a \sin(k_2 x - \omega_2 t)$$

∴ তরঙ্গের বেগ,

$$v_1 = \frac{\omega_1}{k_1}; \quad v_2 = \frac{\omega_2}{k_2}$$

∴ লব্ধি তরঙ্গ,

$$y = y_1 + y_2 = a \sin(k_1 x - \omega_1 t) + a \sin(k_2 x - \omega_2 t)$$

$$= a \left[2 \sin \frac{k_1 x - \omega_1 t + k_2 x - \omega_2 t}{2} \cos \frac{k_1 x - \omega_1 t - k_2 x + \omega_2 t}{2} \right]$$

$$= 2a\left[\sin\frac{x(k_1+k_2)-t(\omega_1+\omega_2)}{2}\cos\frac{x(k_1-k_2)-t(\omega_1-\omega_2)}{2}\right]$$

যদি, $k_1 \approx k_2 \approx k$ $\therefore \frac{k_1+k_2}{2} = k$; $\frac{k_1-k_2}{2} = \frac{\Delta k}{2}$

$\omega_1 \approx \omega_2 \approx \omega$ $\therefore \frac{\omega_1+\omega_2}{2} = \omega$; $\frac{\omega_1-\omega_2}{2} = \frac{\Delta\omega}{2}$

$$= 2a\left[\sin\left\{x\left(\frac{k_1+k_2}{2}\right) - t\left(\frac{\omega_1+\omega_2}{2}\right)\right\}\cos\left\{\frac{x(k_1-k_2)}{2} - t\left(\frac{\omega_1-\omega_2}{2}\right)\right\}\right]$$

$$= 2a\left[\sin(kx-\omega t)\cos\left(\frac{\Delta k\, x}{2} - \frac{\Delta\omega t}{2}\right)\right]$$

$$= 2a\sin(kx-\omega t)\cos\left(\frac{\Delta k . x}{2} - \frac{\Delta\omega t}{2}\right)$$

$$\therefore \boxed{y = 2a\cos\left(\frac{\Delta k . x}{2} - \frac{\Delta\omega t}{2}\right) . \sin(kx-\omega t)}$$

group wave এর equation

$\therefore$ $\boxed{\text{বিস্তার}, A = 2a\cos\left(\frac{\Delta k x}{2} - \frac{\Delta\omega t}{2}\right)}$

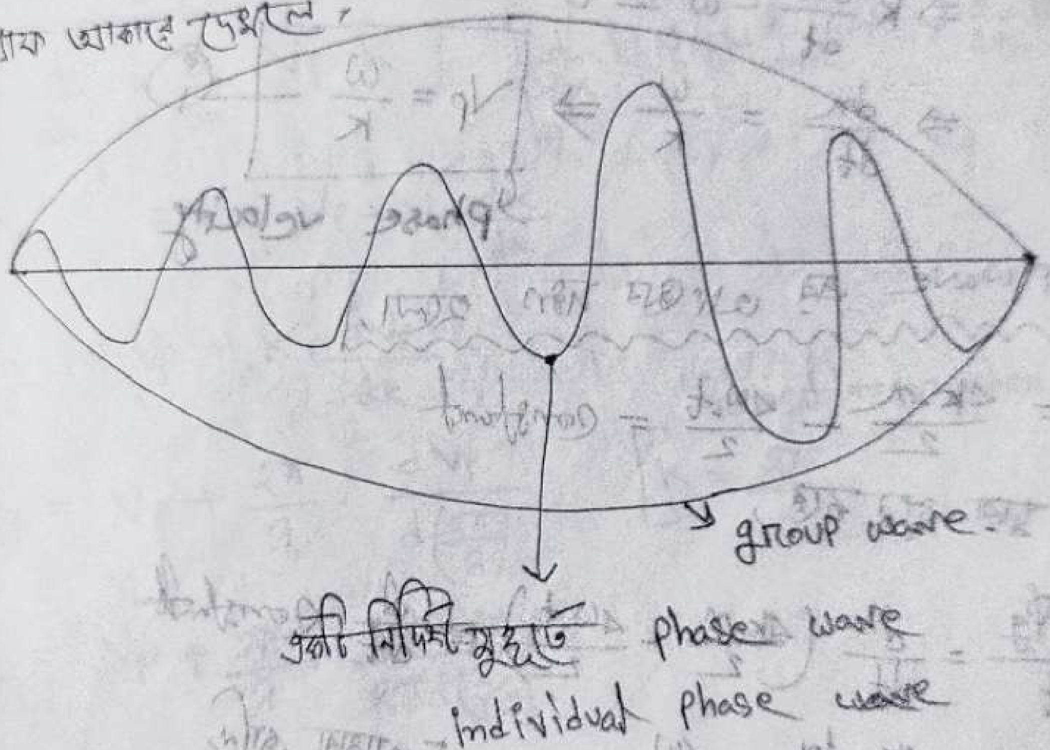
group wave এর (বিস্তার | Amplitudes)

ঃ একটি disturbance এর কারণে দুটি wave এর সমন্বয়

equation হলো,

$$y = \underbrace{2a\cos\left(\frac{\Delta k x}{2} - \frac{\Delta \omega t}{2}\right)}_{\text{equation for group}} \underbrace{\sin(kx - \omega t)}_{\text{equation for phase}}$$

ঃ চিত্র আকারে দেখালে,



Phase wave এর অবস্থানের সমীকরণ হলো,

$\phi_p = kx - \omega t = constant$ → একই phase মুহূর্তে ও জায়গায় same তাই ধ্রুবক,

$\Rightarrow \frac{d}{dt}$ দ্বারা গুণ করে,

$$\Rightarrow \frac{d\phi_p}{dt} = \frac{d}{dt}(kx - \omega t) = \frac{d}{dt} constant$$

$$\Rightarrow k\frac{dx}{dt} - \omega = 0$$

$$\Rightarrow \frac{dx}{dt} = \frac{\omega}{k} \Rightarrow \boxed{V_p = \frac{\omega}{k}} \text{ --- (i)}$$

phase velocity

group wave এর অবস্থানের সমীকরণ হলো,

$$\phi_g = \frac{\Delta k . x}{2} - \frac{\Delta \omega . t}{2} = constant$$

$\Rightarrow d/dt$ দ্বারা গুণ করে,

$$\Rightarrow \frac{d\phi_g}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{\Delta k . x}{2} - \frac{\Delta \omega . t}{2}\right) = \frac{d}{dt} constant$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta k}{2}\frac{dx}{dt} - \frac{\Delta \omega}{2} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{dx}{dt} = \frac{\Delta \omega}{\Delta k} = \frac{d\omega}{dk}$$

$$\Rightarrow \frac{dx}{dt} \Rightarrow \boxed{V_g = \frac{d\omega}{dk}} \text{ --- (ii)}$$

group velocity

আমরা জানি, $\omega_1 \approx \omega_2$; $k_1 \approx k_2$
$\Delta\omega$ ও Δk অনেক ছোট তাই, $\frac{\Delta \omega}{\Delta k} = \frac{d\omega}{dk}$ লেখা যায়।

আমরা জানি,

Relation between group velocity & phase velocity

আমরা জানি, Phase velocity,

$V_p = \frac{\omega}{k} \Rightarrow \omega = V_p \cdot k$

group velocity,

formula

$\left[\frac{d}{dx} UV = U\frac{d}{dx}V + V\frac{d}{dx}U\right]$

$V_g = \frac{d\omega}{dk} = \frac{d}{dk} V_p \cdot k$

$\Rightarrow V_g = k\frac{d}{dk}V_p + V_p\frac{dk}{dk}$

$\Rightarrow V_g = V_p + k \cdot \frac{dV_p}{dk}$

Propagation number,

$\left[k = \frac{2\pi}{\lambda}\right.$

$\Rightarrow V_g = V_p + \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{dV_p}{d\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)}$

$\Rightarrow V_g = V_p + \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{dV_p}{2\pi d(1/\lambda)}$

$\Rightarrow V_g = V_p + \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{dV_p}{\frac{d\lambda^{-1}}{d\lambda} \cdot d\lambda}$

$\Rightarrow V_g = V_p + \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{dV_p}{\frac{d}{d\lambda} \cdot \lambda^{-1} \cdot d\lambda}$

$$\Rightarrow V_g = V_p + \frac{1}{\lambda} \frac{dv_p}{(-1 \cdot \lambda^{-1-1}) \cdot d\lambda}$$

$$\Rightarrow V_g = V_p + \frac{1}{\lambda} (-\lambda^2) \frac{dv_p}{d\lambda}$$

$$\Rightarrow V_g = V_p - \lambda \cdot \frac{dv_p}{d\lambda}$$

$$\therefore \boxed{V_g = V_p - \lambda \frac{dv_p}{d\lambda}}$$

↳ "Relation between phase & group velocity"

উক্ত সম্পর্ক সূত্র হতে দেখা যায় যে, Phase velocity group velocity হতে বেশি, $V_p >> V_g$.

Question | দেখাও যে (disturbance (বিশৃঙ্খলা)) এর কারণে একই স্থান হতে দুটি উৎপন্ন wave এর কারণে group velocity এবং phase velocity হতে কম বা group frequency phase frequency হতে বেশি।

দুটি ভাবে solve করা যায়।

Solve 1 // $y_1 = a\sin(k_1x - \omega_1 t)$ ও $y_2 = a\sin(k_2x - \omega_2 t)$ এর equation দিয়ে লব্ধি তরঙ্গ $y = y_1 + y_2$ করে

$$y = 2a\cos\left(\frac{\Delta k x}{2} - \frac{\Delta \omega t}{2}\right)\sin(kx - \omega t)$$

এর (group & phase) wave এর equation বের করে phase wave এবং group wave এর দশা হতে (phase & group) velocity বের করে ধাপে ধাপে $v_g = v_p - \lambda \frac{dv_p}{d\lambda}$ বের করে বলা যেতে পারে।

Solve 2 // আমরা জানি, Propagation no, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$

∴ phase frequency, $\lambda_p = \frac{2\pi}{k}$

∴ group frequency, $\lambda_g = \frac{2\pi}{\Delta k/2}$ $\left[k_1 \approx k_2 \therefore \frac{\Delta k}{2} = \frac{k_1 - k_2}{2} \Rightarrow k = \frac{\Delta k}{2} \right]$

$$= \frac{4\pi}{\Delta k}$$

∴ দেখা যাচ্ছে যে, $\lambda_p = \frac{2\pi}{k}$, $\lambda_g = \frac{4\pi}{\Delta k}$

এখানে, $\lambda_g >> \lambda_p$ আবার, আমরা জানি

$v = n\lambda$, ∴ $\lambda \propto \frac{1}{n}$

অর্থাৎ এই wave এর equation হতে পারে,

phase frequency group frequency হতে কম।

Dispersive & non-dispersive medium :

সমসত্ত্ব ও অসমসত্ত্ব মাধ্যম,

When the speed of propagation of wave in a medium is independent of frequency or wavelength, the medium is called non-dispersive medium & if the medium is dependent of frequency or wavelength then it called dispersive medium.

desperisive medium

$\frac{dv_p}{d\lambda} \neq 0$

$\therefore$ the relation between P.V & W.V in desperisive medium is.

$$\boxed{V_g = V_p - \lambda \frac{dv_p}{d\lambda}}$$

non-despersive medium

$\frac{dv_p}{d\lambda} = 0$

$\therefore$ the relation between P.V & W.V in non-despersive medium, is,

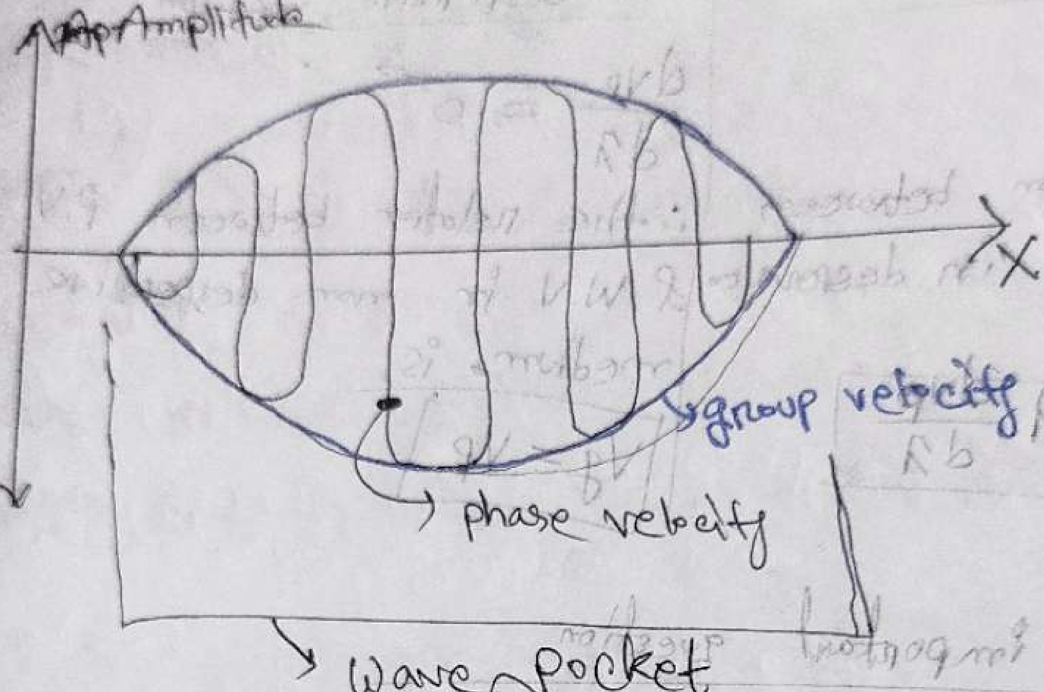
$$\boxed{V_g = V_p}$$

Some important question

wave packet :- Sum of waves of many different wavelength.

বাস্তবে মূলত প্রত্যেকটি particle move হলে শুধু wave নয় ~~wave~~ wave packet ~~moving~~ হয় তৈরী

অর্থাৎ প্রত্যেকটি কনার জন্য একটি wave packet উৎপন্ন ~~হয়~~ হয়।



অনেকগুলো wave কে একত্রিত করলে wave packet তৈরী হয়, প্রত্যেকটি wave packet এ একটি pertiele আছে।

group velocity || The velocity of wave packet formed by individual waves is called the group velocity. একে v_g দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

grove velocity = Phase velocity || wave packet এর মধ্যে সকল wave যদি একই velocity তে অতিক্রম করে তাহলে $\boxed{V_g = V_p}$ হবে।

Phase velocity | The velocity of individual wave forming the wave packet is called the phase velocity.

অর্থাৎ, wave packet এর মধ্যে যে কোনো একটি একক নির্দিষ্ট wave এর velocity কে phase velocity বলে। V_p দ্বারা লেখা হয়।

Wave packet | Sum of waves of many different wavelength.

অর্থাৎ অনেকগুলো wave একসাথে তাদের তরঙ্গ দৈর্ঘ্য ভিন্ন।

In Quantum mechanics: we know, $\lambda = \frac{h}{mv}$

$\therefore \boxed{\lambda \propto 1/v}$

$\therefore$ Shorter wavelength has faster phase velocity.

In Classicle mechanics: we know, $V = \nu \lambda$

$\therefore \boxed{V \propto \lambda}$

Shorter wavelength has slower phase velocity.

$\boxed{\text{Electromagnetic wave এর জন্য } V_g = V_p}$

Question

জলের ~~ঢেউ~~ ঢেউ

The phase velocity of ripple of liquid surface is $\sqrt{\frac{2\pi S}{\lambda \rho}}$, where (S) is the surface tension, (ρ) is the density of the liquid. Find the group velocity of the ripple.

Answer। দেওয়া আছে, phase velocity, $V_p = \sqrt{\frac{2\pi S}{\rho \lambda}}$

group velocity $= V_g$

আমরা জানি,

গ্রুপ velocity ও phase velocity এর সম্পর্ক হল,

$$V_g = V_p - \lambda \frac{dV_p}{d\lambda}$$

$$\Rightarrow V_g = \sqrt{\frac{2\pi S}{\lambda \rho}} - \lambda \frac{d}{d\lambda} \sqrt{\frac{2\pi S}{\lambda \rho}}$$

$$\Rightarrow V_g = \sqrt{\frac{2\pi S}{\lambda \rho}} - \lambda \cdot \sqrt{\frac{2\pi S}{\rho}} \frac{d}{d\lambda} \cdot (\lambda^{-1/2})$$

$$\Rightarrow V_g = \sqrt{\frac{2\pi S}{\lambda \rho}} - \lambda \sqrt{\frac{2\pi S}{\rho}} \left(-\frac{1}{2}\right) \cdot \lambda^{-1/2 - 1}$$

$$\Rightarrow V_g = \sqrt{\frac{2\pi S}{\lambda \rho}} + \lambda \sqrt{\frac{2\pi S}{\rho}} \frac{1}{2\lambda^{3/2}}$$

$$\Rightarrow V_g = \sqrt{\frac{2\pi S}{\lambda \rho}} + \sqrt{\frac{2\pi S}{\rho}} \cdot \frac{\cancel{\lambda}}{2 \cdot \cancel{\lambda} \cdot \lambda^{1/2}} \qquad \left[\lambda \cdot \lambda^{1/2} = \lambda^{3/2}\right.$$

$$\Rightarrow V_g = \sqrt{\frac{2\pi S}{\lambda \rho}} + \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2\pi S}{\rho \lambda}} = \sqrt{\frac{2\pi S}{\lambda \rho}} \left(1 + \frac{1}{2}\right)$$

$$\Rightarrow V_g = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{2\pi S}{\lambda \rho}}$$

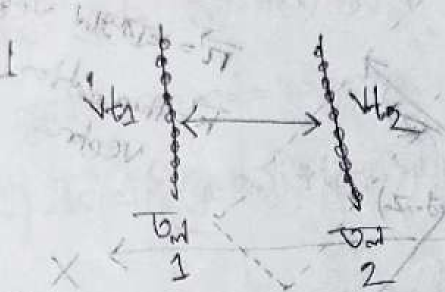
$$\therefore \boxed{V_g = \frac{3}{2} V_p}$$

$V_g > V_p$ প্রমাণিত

Plane Wave

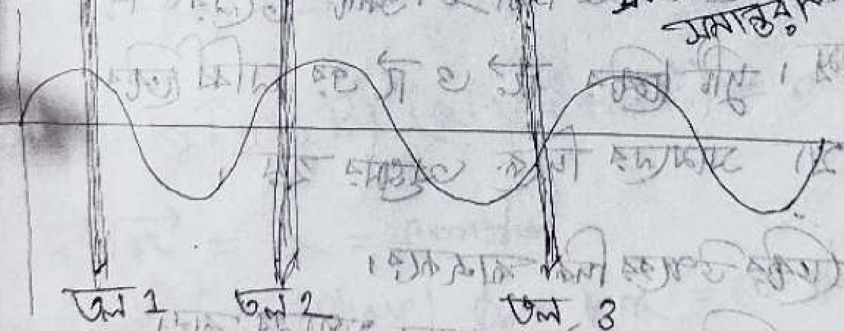
v = মাধ্যমের বেগ।

তরঙ্গ মুখ।



এখানে তল 1, 2 পরস্পর সমদশা সম্পন্ন

সমদশা সম্পন্ন অসংখ্য কণা সমূহের সাথে বেগ যুক্ত থাকে একই তলে ~~স~~ অসংখ্য কণা সমূহ সব একই সমদশায় থাকবে। এবং নির্দিষ্ট দূরত্বে, ~~এবং~~ সময় পরিবর্তন হলেও বেগ সমান কণা সমূহের থাকিবে। এদের তরঙ্গের মুখ বলে। যে নির্দিষ্ট স্থানে ~~এক~~ সমতল সমূহ পরস্পর সমান্তরাল

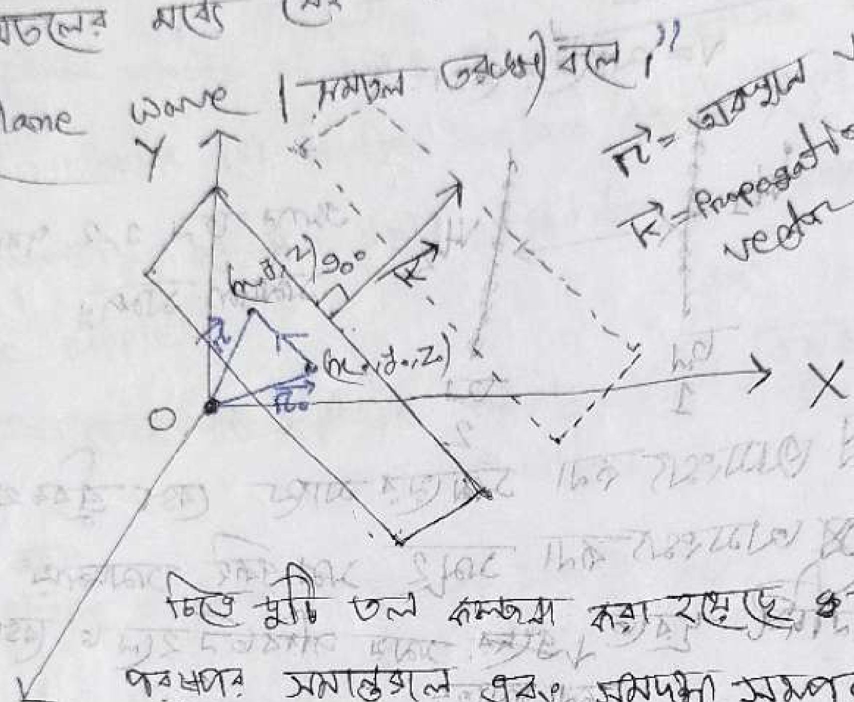


এখানে wave এর মধ্যে তিনটি তল কল্পনা করা হয়েছে যেই কোনো মুহূর্তে এদের ~~দূরত্ব~~ দূরত্ব যুক্ত, এদের তল গুলো ∴ পরস্পর সমদশা সম্পন্ন।

"সমতলের মধ্যে যেই তরঙ্গ থাকে তাকে (Plane wave / সমতল তরঙ্গ) বলে।"

$\vec{r}$ = অবস্থান vector

$\vec{k}$ = Propagation vector



চিত্রে দুটি তল কল্পনা করা হয়েছে যারা পরস্পর সমান্তরাল এবং সমদশা সম্পন্ন।

তলটি ($\vec{k}$ / Propagation number) ~~বরাবর~~ সামনের দিকে অগ্রসর হচ্ছে। যা ~~এ~~ একটি তলের উপর আরেকটির লম্ব। দুটি ভেক্টর $\vec{r}_0$ ও $\vec{r}$ এর লব্ধি ভেক্টর $(\vec{r} - \vec{r}_0)$ যা সামনের দিকে অগ্রসর হয়।

লব্ধি ভেক্টর ভেক্টর উপরের দিক ... করে।

$\vec{r}_0$ যা ধ্রুবক ভেক্টর। $\vec{r}$ যা স্থান রূপান্তর করে।

∴ $\vec{r}$ ও $\vec{r}_0$ ভেক্টর দুটির বিন্দুর সংযোগ সরলরেখার সমীকরণ।

$(\vec{r}-\vec{r_0}) = (x-x_0)\hat{i} + (y-y_0)\hat{j} + (z-z_0)\hat{k}$

যেহেতু অবস্থান ভেক্টর $(\vec{r}-\vec{r_0})$ ও $\vec{K}$ পরস্পর লম্ব, সেহেতু তাদের ডট গুণন $\cos 90^\circ = 0$ হবে

$\therefore (\vec{r}-\vec{r_0})\cdot\vec{K} = \{(x-x_0)\hat{i} + (y-y_0)\hat{j} + (z-z_0)\hat{k}\}\cdot\{K_x\hat{i} + K_y\hat{j} + K_z\hat{k}\} = 0$

$\Rightarrow xK_x + yK_y + zK_z = x_0K_x + y_0K_y + z_0K_z$

যেহেতু (x_0, y_0, z_0) একটি নির্দিষ্ট, বা ধ্রুবক তাই এদের গুণফল ও ধ্রুবক, $\therefore x_0K_x + y_0K_y + z_0K_z = a$ = constant.

$\Rightarrow xK_x + yK_y + zK_z = a$

$\Rightarrow (K_x\hat{i} + K_y\hat{j} + K_z\hat{k})\cdot(x\hat{i} + y\hat{j} + z\hat{k}) = a$

$\Rightarrow \vec{K}\cdot\vec{r} = a$ = constant.

আমরা জানি (দশা | Phase) $\phi_p = Kx$ = constant.

যেহেতু $\boxed{\vec{K}\cdot\vec{r} = \text{constant}}$, সেহেতু বলা যায় সমতল তরঙ্গে যেকোনো মুহূর্তে ~~দশা তল সমান হবে~~ তল সমূহ পরস্পর সমান্তরাল সমতল।

$$\boxed{\text{Phase} = \phi_p = \vec{k}\cdot\vec{r} = \text{constant}}$$

∴ আমরা বলতে পারি, plane wave এর equation হবে

$$\psi(\vec{r}) = A\sin\phi_p = A\cos\phi_p$$

$$= A\sin(\vec{k}\cdot\vec{r}) = A\cos(\vec{k}\cdot\vec{r})$$

আবার; oylar er ~~equation~~ formula আকারে

লেখলে,

$$\boxed{\psi(\vec{r}) = A\cdot e^{i\phi_p} = A\, e^{i\vec{k}\cdot\vec{r}}}$$

Plane wave এর equation

প্রমাণ কর যে, plane wave একটি Simple Harmonic Motion

$$\psi(\vec{r}) = \psi\left(\vec{r} + \lambda \cdot \frac{\vec{k}}{k}\right)$$

λ দূরত্ব পরপর আমরা একটি wave এর একই equation পাবো।
তাই $\psi(\vec{r}) = \psi(\vec{r} + \lambda)$ লেখা যায়
$\frac{\vec{k}}{k}$ = Unit vector যার value = 1
∴ $\psi(\vec{r}) = \psi\left(\vec{r} + \lambda \cdot \frac{\vec{k}}{k}\right)$ লেখা যায়

$$\therefore A e^{i \cdot \vec{k} \cdot \vec{r}}$$
$$= A e^{i \cdot \vec{k} \cdot \left(\vec{r} + \lambda \cdot \frac{\vec{k}}{k}\right)}$$
$$= A e^{i \cdot \vec{k} \cdot \vec{r}} \cdot e^{i \vec{k} \cdot \lambda \cdot \frac{\vec{k}}{k}}$$
$$= A e^{i \cdot \vec{k} \cdot \vec{r}} \cdot e^{i \lambda \cdot \frac{\vec{k} \cdot \vec{k}}{k}}$$

$$\left[\vec{k} \cdot \vec{k} = k \cdot k \cdot \cos 0^\circ = k^2\right]$$

$$= A e^{i \vec{k} \vec{r}} \cdot e^{i \lambda k^2 / k} = A e^{i \vec{k} \vec{r}} \cdot e^{i \lambda k}$$

S.H.M = Simple Harmonic motion.

$$\Rightarrow \cancel{A e^{i \cdot \vec{k} \cdot \vec{r}}} = \cancel{A e^{i \vec{k} \cdot \vec{r}}} \cdot e^{i k \lambda}$$

$$\Rightarrow e^{i k \lambda} = 1 \text{ — (i)}; \quad \text{আবার, } e^{i 2\pi} = 1 \text{ — (ii)}$$ লেখা হয়।

(i = ii) হলে,

$$e^{i k \lambda} = e^{i 2\pi} \Rightarrow k\lambda = 2\pi$$
$$\Rightarrow \boxed{k = \frac{2\pi}{\lambda}}$$ → from plane wave equation

∴ আমরা জানি,
S.H.M এর Propagation no. $k = \frac{2\pi}{\lambda}$, এবং এবং plane wave এর equation দ্বারাও তা প্রমাণ করা হলো।
∴ বলা যেতে পারে যে, plane wave একটি SHM (প্রমাণিত).

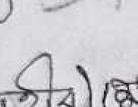
Basic Laws of electromagnetic theory

Accordin ~~Maxwell~~ "James Clark maxwell" he ~~told~~ th

Light is an electromagnetic wave.

Gauss Law: $\oint \vec{E} \cdot \vec{ds} = \frac{q}{\varepsilon_0}$, $q \rightarrow$ total charge in to the surface

insulator (অপরিবাহীর) ক্ষেত্রে charge তার ভেতরে থাকে।

insulator → 

Conductor (পরিবাহির) এর পৃষ্ঠে charge অবস্থান করে।

Conductor → 

Gauss Law এর ক্ষেত্রে charge মূলত Surface এর মধ্যে থাকে, But conductor এর মধ্যে কোনো charge নেই তাই সেক্ষেত্রে Gaussian Surface নাই।

Charge density / $\rho = \frac{q}{V}$ // $\rho = \frac{q}{A}$

for surface // for wire

Cross sectional Area / কোনো বস্তুকে slice করার পর যে ~~...~~ প্রস্থচ্ছেদ পাওয়া যায়, তাকে cross sectional Area বলে

$\rightarrow$ cross sectional Area

$\therefore \rho = \frac{q}{V} \rightarrow$ for a sphere

$\Rightarrow$ ক্ষুদ্র charge ও আয়তনের ঘনত্ব, $\rho = \frac{dq}{dv}$

$\Rightarrow dq = \rho . dv \Rightarrow \int dq = \rho \int dv$

$\therefore \int dq = \rho \int dv$

$\therefore$ Gauss এর সূত্র হতে

$$\oint \vec{E}.\vec{ds} = \int \frac{dq}{\epsilon_0} = \frac{\rho \int dv}{\epsilon_0}$$

$$\therefore \boxed{\oint \vec{E}.\vec{ds} = \frac{1}{\epsilon_0} \int \rho . dv}$$

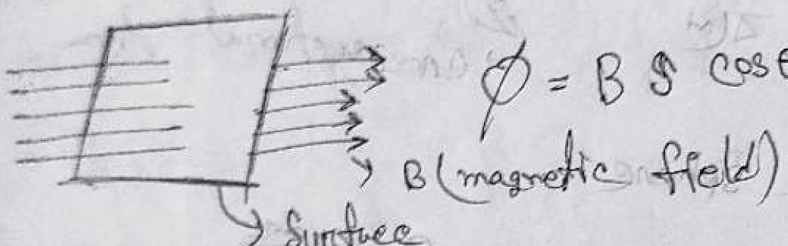
$\rightarrow$ Change এর জন্য electric field দেখা যায়।

$\rightarrow$ Electro static এর জন্য Gauss Law formula.

1

Gauss Law for magnetic Field

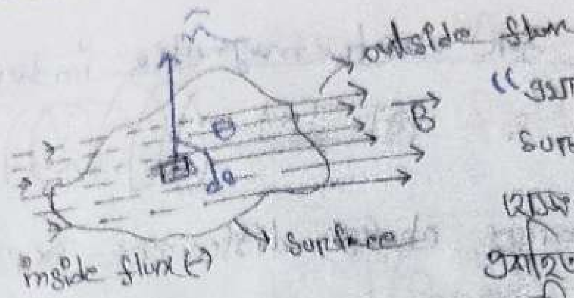
magnetic flux : কোনো ক্ষেত্রের মধ্য দিয়ে যেই পরিমান চৌম্বক বলরেখা প্রবাহিত হয় অথবা চৌম্বক ক্ষেত্ররেখার লম্বভাবে কোনো তল কল্পনা করা হলে, ঐ তলের মধ্য দিয়ে যতগুলো চৌম্বক বলরেখা অতিক্রম করে তাদেরকে চৌম্বক ফ্লাক্স বলে।



$$\phi = B S \cos\theta$$

∴ কোনো বলরেখা দ্বারা তৈরী বদ্ধ পৃষ্ঠ দিয়ে চৌম্বক ফ্লাক্স হলে, $\phi = \oint \vec{B}\cdot\vec{ds}$ | ds = ক্ষুদ্র Surface

Gauss এর সূত্র মতে // কোনো বদ্ধ পৃষ্ঠ হতে যেই পরিমান চৌম্বক বলরেখা প্রবেশ ও বাহির হয় তাদের সবগুলোর চৌম্বক ফ্লাক্সের যোগজীকরন শূন্য।



"এখানে একটি বস্তু বদ্ধ surface এর মধ্যদিয়ে সমস্ত চৌম্বক বলরেখা প্রবাহিত হচ্ছে এবং ক্ষুদ্রতম একটি ক্ষেত্র ds নিলে"

ক্ষুদ্রতম চৌম্বক ফ্লাক্স, $d\phi = \vec{B} \cdot \vec{ds}$

∴ সম্পূর্ণ চৌম্বক flux, $\phi = \oint \vec{B} \cdot \vec{ds} = 0$

"বস্তু বদ্ধ surface এর মধ্যে চৌম্বক ফ্লাক্স যেই টুকু ঢুকছে সেই টুকুই বের হচ্ছে অর্থাৎ চৌম্বক ফ্লাক্সের কোনো পরিবর্তন হয়নি ~~তাই~~ সেখানে কোনো ~~চৌম্বক~~ চৌম্বক মেরু নেই।"

∴ Gauss Law for magnetic field is

$$\boxed{\phi = \oint \vec{B} \cdot \vec{ds} = 0} \quad (2)$$

3) Faraday's Law for electromagnetic induction

$$\epsilon = -N \cdot \frac{d\phi_B}{dt}$$

↳ potensial energy ~~change~~ difference per unit charge.

∴ আমরা জানি,

$$\epsilon = \frac{V}{q} = \frac{W}{q} = \frac{F \cdot r}{q} = \frac{F}{q} \cdot r = E \cdot r$$

$$\therefore \epsilon = E \cdot r$$ → close loop → r ~~ra~~ distance

∴ The equation will be,

$$\epsilon = \oint_C \vec{E} \cdot \vec{dl}$$

→ Like a ring
→ একটি close loop
→ একটি closed surface
→ Like football.

$$\therefore \epsilon = \oint_C \vec{E} \cdot \vec{dl} = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{d}{dt} \oint_S \vec{B} \cdot \vec{ds}$$

(Close loop)

$$= -\frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot \vec{ds}$$

$$= -\int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot ds$$

$$\therefore \boxed{\epsilon = \oint_C \vec{E} \cdot \vec{dl} = -\int_S \frac{\partial B}{\partial t} \cdot ds}$$

$\phi = \int_S \vec{B} \cdot \vec{ds}$
S → close surface
B (S, t) → function of (S, t)

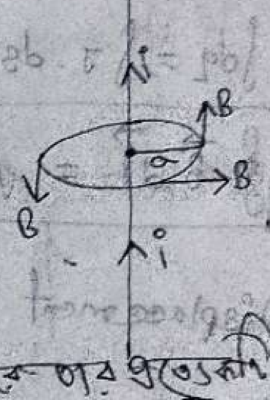
বিজ্ঞানী, ম্যাক্সওয়েলের মতে, যেখানে electric ~~field change~~ (প্রবাহিত / flow) হয় সেখানে magnetic field তৈরী হয়

∴ সময়ের সাথে সাথে Magnetic field (B) change হলে, Electric field পাওয়া যায়।

$$\boxed{\oint_C \vec{E}\cdot\vec{dl} = -\int_S \frac{\overrightarrow{\partial B}}{\partial t}\cdot ds} \rightarrow ③$$

(Proved) by Faraday's Law.

④ Ampere's Law



একটি তড়িৎ বহী তারের মধ্যদিয়ে তড়িৎ চালনা করলে যেই চৌম্বক ক্ষেত্র পাওয়া যায়,

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi a}$$

B চৌম্বক ক্ষেত্র যেই বৃত্তাকার পথ তৈরী করে তার প্রত্যেকটি বিন্দুতে চৌম্বক ক্ষেত্রের মান একই এবং ক্ষুদ্র তারের দৈর্ঘ্য dl

$\vec{B}$ এবং $\vec{dl}$ এর মধ্যবর্তী কোণ $0°$।

$$\therefore \vec{B}\cdot\vec{dl} = B\,dl\cos 0°$$

$$\Rightarrow \vec{B}\cdot\vec{dl} = B\cdot dl$$

$$\Rightarrow \oint \vec{B}\cdot\vec{dl} = B\oint dl = B\,2\pi a$$

$$\Rightarrow \oint \vec{B}\cdot\vec{dl} = \frac{\mu_0 i}{2\pi a}\cdot 2\pi a = \mu_0 i$$

$$\therefore \boxed{\oint \vec{B}\cdot\vec{dl} = \mu_0 i}$$

→ Line integral of magnetic field

→ close loop এর ক্ষেত্রে প্রযোজ্য।

∴ আমরা জানি,

Current density, $J = \frac{i}{A} = \frac{dq}{ds}$ $dq \rightarrow$ charge, $ds \rightarrow$ surface

$$\Rightarrow \int dq = \int J\cdot ds \Rightarrow q = \int J\cdot ds$$

$$\therefore \boxed{\oint \vec{B}\cdot\vec{dl} = \mu_0 \int \vec{J}\cdot\vec{ds}} \quad \text{—(i)}$$

$\left[\, i = \int \vec{J}\cdot\vec{ds}\right.$ লেখা যায়

⇒ Displacement current density, $\boxed{\vec{J_D} = \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}}$

$$\therefore \oint_C \vec{B}\cdot\vec{dl} = \mu_0 \int (\vec{J} + \vec{J_D})\cdot\vec{ds}$$

(According maxwell)

$$\therefore \boxed{\oint_C \vec{B}\cdot\vec{dl} = \mu_0 \int \left(\vec{J} + \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}\right)\cdot\vec{ds}} \quad \text{—(ii)}$$

(i) নং সমীকরণে $\vec{B}$ = zero হলে, Current density = zero হবে, কিন্তু বাস্তবে current density zero হয় না। তাই (i) নং equation সম্পূর্ণ সঠিক নয়।

কিন্তু (ii)নং equation এর মাধ্যমে electric field change হয় এবং change হলে magnetic field change হয় এবং current density ও ~~বদল~~ থাকে। যদি $\vec{B}$ = zero হয়, তা current density ও ~~থাকে~~ ... dE এর জন্য ও হলে ও কোনো সমস্যা নেই কারণ current densitফ পাওয়া যায়। (J)

~~(Eq. 2)~~ ~~modify by maxwell~~

(Eq. 2) Ampere's Law, which is modify by maxwell:

$$\boxed{\oint \vec{B}.\vec{dl} = \mu_0 \int \left(\vec{J} + \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}\right) d\vec{S}}$$

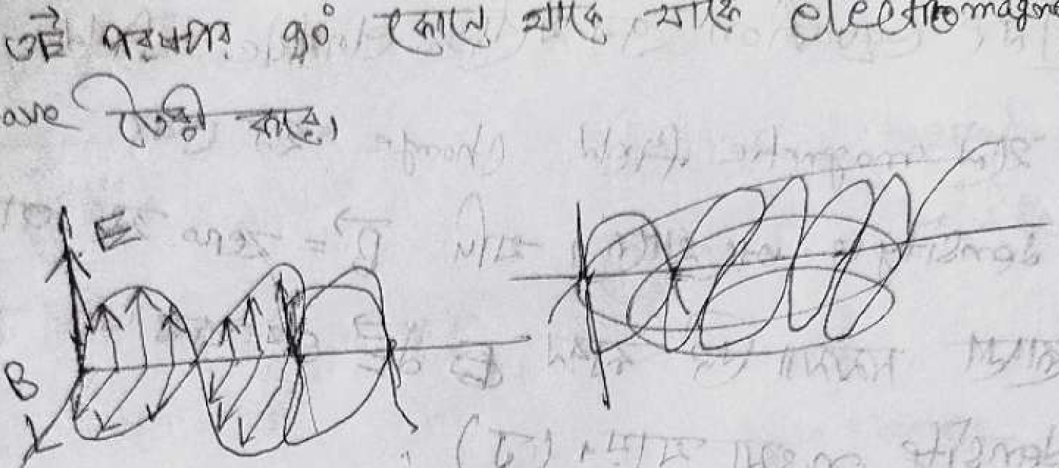
$\therefore$ যদি, $\vec{J} = 0$ হয় তা হলে,

$$\oint_C \vec{B}.\vec{dl} = \mu_0 \epsilon_0 \int \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}.\vec{ds}$$ → সময়ের সাথে তড়িৎ প্রাবল্যের পরিবর্তনের ফলে চৌম্বক ক্ষেত্র পাওয়া যায়,

$$\Rightarrow \oint_C \vec{E}.\vec{dl} = -\int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}.\vec{dS}$$ → ~~সময়ের~~ সাথে চৌম্বক ক্ষেত্রের পরিবর্তনের ফলে তড়িৎ প্রাবল্য পাওয়া যায়.

$$\frac{d\vec{E}}{dt} = \frac{dB}{dt}$$ time varying electric & magnetic field

$\vec{B}$ এই পরস্পর 90° কোণে থাকে যাকে electromagnetic wave ~~তৈরী করে।~~

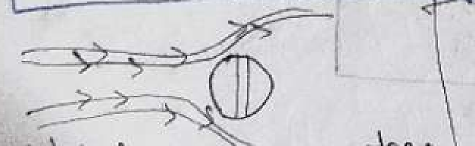


আমরা জানি,

Gauss theorem → vector

$$\boxed{\int_V (\vec{\nabla}\cdot\vec{A})\,dv = \oint_S \vec{A}\cdot\vec{ds}}$$

→ (Surface diverd হয় in Gauss theorem)



একটা vector কি পরিমান diverd হলো তার পরিমান বুঝায় একটা surface এ

ওখানে water 1 এ কি পরিমান diverd হল, water 2 এ যাবে।

② ~~Stoke's~~ theorm.

$$\boxed{\int_S (\vec{\nabla}\times\vec{A})\,\vec{ds} = \oint_C \vec{A}\cdot\vec{dl}}$$

(কি পরিমান Line curl হয়)

আমরা জানি,

স্থির আধানের জন্য Gauss এর সূত্র,

$$\oint_S \vec{E}\cdot\vec{ds} = \frac{1}{\epsilon_0}\int_v \rho\, dv \quad \text{—— (i)}$$

1

(i) এর সঙ্গে Gauss theorem প্রয়োগ করে।

$$\int_v (\vec{\nabla}\cdot\vec{E})\, dv = \frac{1}{\epsilon_0}\int_v \rho\, dv$$

$$\Rightarrow \boxed{\vec{\nabla}\cdot\vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}}$$ → maxwell 1st equation for electromagnetic {electric field কে divergence করলে $= \frac{\rho}{\epsilon_0}$}

2 Gauss এর হয় সূত্র, বদ্ধ - বদ্ধ surface এর জন্য,

$$\oint \vec{B}\cdot\vec{ds} = 0 \quad \text{—— (ii)}$$

(ii) এর সঙ্গে Gauss theorem প্রয়োগ করে,

$$\oint (\vec{\nabla}\cdot\vec{B})\, dv = 0$$

$$\Rightarrow \boxed{\vec{\nabla}\cdot\vec{B} = 0}$$ → maxwell 2nd equation for electromagnetic

magnetic field কে divergence করলে $= 0$ হয়

No divergence

Faradays Law for Electromagnetic Induction

$$\oint \vec{E}.\vec{dl} = -\int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot \vec{ds}$$

Stokes Law হতে পাই

$$\int_S (\vec{\nabla} \times \vec{A}) \vec{ds} = \oint_C \vec{A} . \vec{dl}$$

উক্ত সূত্রে Stokes এর সূত্র
মানকে বসিয়ে পাই/

$$\int_S (\vec{\nabla} \times \vec{E}) \vec{ds} = -\int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \vec{ds}$$

$$\Rightarrow \boxed{\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}}$$ → maxwell 3rd equation for electromagnetic wave

Ampeas Law for electromagnetic

$$\oint_C \vec{B}.\vec{dl} = \mu_0 \int_S \left(\vec{J} + \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}\right) \vec{ds}$$

Applying Stockes theorm,

$$\int_S (\vec{\nabla} \times \vec{B}) \vec{ds} = \mu_0 \int_S \left(\vec{J} + \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}\right) \vec{ds}$$

$$\Rightarrow \boxed{\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \left(\vec{J} + \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}\right)}$$ → maxwell ~~[illegible]~~ 4th equation for electromagnetic

Maxwell এর চারটি equation হলো,

$$\vec{\nabla}.\vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon} \quad \text{(1)}$$

$$\vec{\nabla}.\vec{B} = 0 \quad \text{(2)}$$

→ Surface divend

→ এর দুইটি divend হয়েছে আর divergence অর্থাৎ Gauss theorem ~~প্রয়োগ করা হয়েছে।~~

$$\vec{\nabla}\times\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t} \quad \text{(3)}$$

$$\vec{\nabla}\times\vec{B} = \mu\left(\vec{J}+\epsilon\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}\right) \quad \text{(4)}$$

→ Line curl

→ এর দুইটি curl line curl হয়েছে আর Stokes theorem ব্যবহৃত হয়েছে

$$\vec{\nabla}\times\vec{B} = \mu\left(\sigma\vec{E}+\epsilon\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}\right) \rightarrow \boxed{\vec{J} = \sigma\vec{E}}$$

→ conductivity

Sigma

current density

equation (4) এর সাথে ~~কিন্তু~~ উভয় পক্ষে curl করে,

$$\vec{\nabla}\times(\vec{\nabla}\times\vec{B}) = \vec{\nabla}\times\left\{\mu\left(\sigma\vec{E}+\epsilon\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}\right)\right\}$$

$$\Rightarrow \vec{\nabla}.(\vec{\nabla}.\vec{B}) - \nabla^2\vec{B} = \mu\sigma(\vec{\nabla}\times\vec{E}) + \mu\epsilon\frac{\partial}{\partial t}(\vec{\nabla}\times\vec{E}) \quad \text{(5)}$$

(eq 5) এ eq (2, 3) এর মান বসিয়ে,

$$\Rightarrow \vec{\nabla}\cdot(0) - \nabla^2\vec{B} = \mu\sigma\left(-\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}\right) + \mu\epsilon\frac{\partial}{\partial t}\left(-\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}\right)$$

$$\Rightarrow -\nabla^2\vec{B} = -\mu\sigma\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} - \mu\epsilon\frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2}$$

$$\therefore \boxed{\nabla^2\cdot\vec{B} = \mu\sigma\left(\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}\right) + \mu\epsilon\left(\frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2}\right)} \quad \text{--- (6)}$$

Equation (3) এর উভয় পক্ষের curl করে পাই,

$$\vec{\nabla}\times(\vec{\nabla}\times\vec{E}) = -\frac{\partial}{\partial t}(\vec{\nabla}\times\vec{B})$$

$$\Rightarrow \vec{\nabla}\cdot(\vec{\nabla}\cdot\vec{E}) - \nabla^2\vec{E} = -\frac{\partial}{\partial t}(\vec{\nabla}\times\vec{B}) \quad \text{--- (x)}$$

equation (x) এর মধ্যে (eq-1, eq-4) এর মান বসিয়ে,

$$\Rightarrow \vec{\nabla}\cdot\left(\frac{\rho}{\epsilon}\right) - \nabla^2\vec{E} = -\frac{\partial}{\partial t}\left[\sigma\vec{E} + \epsilon\frac{\partial \vec{E}}{\partial t}\right]\mu$$

$\Rightarrow$ for unchanged medium | যেই পর্যায়ে মাধ্যমে কোনো আধান নেই, সেই মাধ্যমে $\rho = 0$, অর্থাৎ আধানবিহীন মাধ্যমে পরিবাহিতা $(\rho) = 0$ "

$$\Rightarrow \vec{\nabla}\left(\frac{\rho}{\epsilon}\right) - \nabla^2\vec{E} = -\frac{\partial}{\partial t}\left(\mu\sigma\vec{E} + \mu\epsilon\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}\right)$$

$$\Rightarrow \boxed{\nabla^2\vec{E} = \mu\sigma\frac{\partial\vec{E}}{\partial t} + \mu\epsilon\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2}} \quad \text{—— (8)}$$

equation (6 ও 8) হতে পাই,

$$\nabla^2\vec{B} = \mu\sigma\frac{\partial\vec{B}}{\partial t} + \mu\epsilon\frac{\partial^2\vec{B}}{\partial t^2}$$

$$\nabla^2\vec{E} = \mu\sigma\frac{\partial\vec{E}}{\partial t} + \mu\epsilon\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2}$$

For non-conducting medium, $\sigma = 0$ → conductivity.

হলে,

$$\nabla^2\vec{B} = \mu\epsilon\frac{\partial^2\vec{B}}{\partial t^2} \quad \text{—— (9)}$$

$$\nabla^2\vec{E} = \mu\epsilon\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2} \quad \text{—— (10)}$$

We know, 3-dimentional wave equation.

$$\boxed{\nabla^2\psi = \frac{1}{v^2}\frac{\partial^2\psi}{\partial t^2}} \quad \text{—— (11)}$$

For free space equation (9,10,11) equation হতে পাই,

$$\frac{1}{v^2} = \mu_0 \epsilon_0$$ ☆ ☆ ☆ important

$$\Rightarrow \boxed{v = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} = c} = 3\times10^8 = \text{is speed of Light}$$

∴ এটি দ্বারা প্রমানিত হয় যে, আলোর বেগ

হলো একটি electromagnetic ~~wave~~ wave.

যদি বলা হয়,
আলোর বেগ একটি electromagnetic
wave তাহলে,
$v = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} = c$ প্রমান করতে হবে।

Proved by
maxwell equation
& also 3-D
wave ~~equation~~
differential equation

Formula

$$\vec{\nabla} \times (\vec{\nabla} \times \vec{A}) = \vec{\nabla} \cdot (\vec{\nabla} \cdot \vec{A}) - \nabla^2 \vec{A}$$

কোনো vector এর curl করলে divergence
পাওয়া যায়।

Relation Between electric field & magnetic field

Let us consider, Electromagnetic wave is travelling in (Z) Axis.

যেহেতু electromagnetic wave হলো electric & magnetic field এর সমন্বয়, এবং তা (Z) axis বরাবর যায়, সেহেতু Electromagnetic field এর জন্য wave এর electric ও magnetic field এর জন্য সমীকরণ,

$\vec{E} = \vec{E}(z,t)$ ও $\vec{B} = \vec{B}(z,t)$

ধরি, E (x-axis) ও B (y-axis) বরাবর যদি যদি সমীকরণ হয় তাহলে, আবার

$B_x = B_z = 0$ B in y-axis

$E_y = E_z = 0$

E in x-axis

$\therefore \vec{E} = E_x\hat{i} + 0\hat{j} + 0\hat{k}$

$\vec{\nabla} = \frac{\partial}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial}{\partial y}\hat{j} + \frac{\partial}{\partial z}\hat{k}$

আবার maxwell এর 3rd equation হতে পাই,

$$\vec{\nabla}\times\vec{E} = -\frac{\partial}{\partial t}\vec{B} \quad \text{---} (i)$$

$$\therefore \vec{\nabla}\times\vec{E} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ E_x & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

$$= +\hat{i}(0-0) - \hat{j}\left(0 - \frac{\partial}{\partial z}E_x\right) + \hat{k}\left(0 - \frac{\partial}{\partial y}E_x\right)$$

$$= \hat{j}\frac{\partial}{\partial z}E_x - \hat{k}\frac{\partial}{\partial y}E_x$$

আমাদের Electromagnetic wave যেহেতু

z অক্ষ বরাবর, যেহেতু $\vec{\nabla}\times\vec{E} = \hat{j}\frac{\partial}{\partial z}E_x$ নিব

এবং $\hat{k}\frac{\partial}{\partial y}E_x$ = বাদ যাবে।

$\therefore \vec{\nabla}\times\vec{E} = \hat{j}\frac{\partial}{\partial z}E_x$ --- (ii) ও (i) নং সমীকরণ

সমন্বয় করে পাই,

$\cancel{\vec\nabla\times\vec E}$ $\frac{\partial}{\partial z} E_x = -\frac{\partial \vec B}{\partial t}$ [যেহেতু, $\hat j = 1$]

$\vec B = B_x$

$\frac{\partial}{\partial z} E_x \hat j = -\frac{\partial}{\partial t}\vec B$

$\frac{\partial}{\partial z} E_x \hat j = -\frac{\partial}{\partial t}(B_x\hat i + B_y\hat j + B_z\hat k)$ [$\vec B = B_x\hat i + B_y\hat j + B_z\hat k$]

$\Rightarrow \frac{\partial}{\partial z} E_x \hat j = -\frac{\partial}{\partial t} B_y \hat j$ [y অক্ষে $B_x = B_z = 0$]

$\Rightarrow \frac{\partial}{\partial z} E_x = -\frac{\partial}{\partial t} B_y$ ...(iii)

wave এর সমীকরণ
$x = x_0 \sin(kx - \omega t)$
z অক্ষের জন্য
$E = E_0 \sin(kz - \omega t)$

আমরা জানি, X অক্ষের জন্য, $\vec E = \hat i\, E_x(z,t)$
$= \hat i\, E_0 \sin(kz - \omega t)$ ...(iv)

$\therefore \frac{\partial E_x}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} E_0 \sin(kz - \omega t)$

$\Rightarrow \frac{\partial E_x}{\partial z} = k E_0 \cos(kz - \omega t)$

$\Rightarrow -\frac{\partial B_y}{\partial t} = k E_0 \cos(kz - \omega t)$ (iii) নং সমীকরণের মান বসিয়ে পাই

$$\boxed{\frac{\partial}{\partial z} E_x = -\frac{\partial B_y}{\partial t}}$$

$$\Rightarrow -\int \frac{\partial B_y}{\partial t} = \int k E_0 \cos(kz-\omega t)$$

$$\Rightarrow -\int \partial B_y = k E_0 \int \cos(kz-\omega t)\cdot \partial t$$

$$\Rightarrow -\int \partial B_y = k E_0 \frac{\sin(kz-\omega t)}{\frac{\partial}{\partial t}(kz-\omega t)}$$

$$\Rightarrow -B_y = k E_0 \frac{\sin(kz-\omega t)}{-\omega}$$

$$\Rightarrow B_y = E_0 \frac{k}{\omega} \sin(kz-\omega t)$$

We know, phase velocity, $v_p = \frac{\omega}{k}$, but for electromagnetic wave $v_p = c$ = Speed of Light.

$$\Rightarrow B_y = E_0 \frac{1}{c} \sin(kz-\omega t)$$

$$\Rightarrow B_y = \frac{1}{c} E_0 \sin(kz-\omega t)$$

$$\Rightarrow \hat{j} B_y = \hat{j} \frac{1}{c} E_0 \sin(kz-\omega t)$$

$$\Rightarrow \vec{B} = \hat{j} \frac{1}{c} E_0 \sin(kz-\omega t) \quad \text{—— (iv)}$$

(iv ÷ iii) করে পাই, এখানে $|\vec{E}|$ ও $|\vec{B}|$ এর মান বসিয়ে,

$$\Rightarrow \frac{|\vec{E}|}{|\vec{B}|} = \frac{E_0 \sin(kz-\omega t)}{\frac{1}{c} E_0 \sin(kz-\omega t)} = \frac{1}{1/c} = c$$

$$\therefore \frac{|\vec{E}|}{|\vec{B}|} = c$$ → Relation between Electric & magnetic field

Pointing vector

Electromagnetic wave মানে (energy | শক্তি) স্থানান্তর করে, এবং শক্তিদ্বারা আমরা momentum বা ভরবেগ পেতে পারি।

আমরা জানি, momentum $= P = mv$ এবং গতিশক্তি, $E_K = \frac{1}{2}mv^2$

$\therefore v = P/m \quad \therefore E_K = \frac{1}{2}m\left(\frac{P}{m}\right)^2 = \frac{1}{2}\frac{mp^2}{m^2}$

$$\Rightarrow \boxed{E_K = \frac{1}{2}\frac{p^2}{m} = \frac{p^2}{2m}}$$

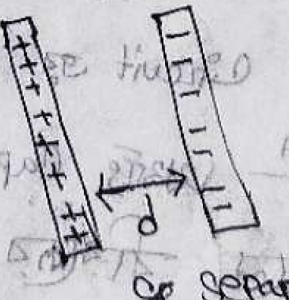
$\therefore$ Electric field এ যেই শক্তি জমা হয়, তাহলে, $E = p^2/2m$

Ex।। তা মানে Capacitor এ।

$\therefore$ Magnetic field এ যেই শক্তি জমা হয়।

Ex: Solenoid

Parallel plate capacitor



Electromagnetic can store energy.

C = Capacitance ; V = Potential difference

d = separation ; E = Electric field in the gap between the two plate.

A = Plate area ;

সূত্র সমূহ ||

আমরা জানি, ~~বিভব পার্থক্য~~, $V = E.d$

Capacitor এর ~~মধ্যে সঞ্চিত~~ শক্তির পরিমান, $U_E = \frac{1}{2}CV^2$

Capacitor এর আয়তন, ~~$V = Ad$~~ Volume $= A \cdot d$

Capacitance/ ~~ধারকত্ব~~, $C = \frac{q}{V}$

আবার, সমান্তরাল পাতের ~~জন্য ধারকের~~ ধারকত্ব, $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$

[$C = \frac{q}{V}$ হলেও, q ও V এর পরিবর্তন করলে C এর পরিবর্তন হয় না কারন Circuit এর Capacitance ধ্রুবক থাকে। কিন্তু $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$ অর্থাৎ Capacitor এর পাতের ~~ক্ষে~~ আয়তন A পরিবর্তন করলে ~~ধারকের~~ ধারকত্ব হ্রাস বা বৃদ্ধি পায়]

The Energy restored per unit volume in the gap of capacitor অর্থাৎ Φ is,

$$u_E = \frac{\frac{1}{2} C V^2}{A \cdot d} = \frac{\text{total capacitor restore energy}}{\text{Volume}}$$

$$= \frac{\frac{1}{2} \times \frac{\epsilon_0 A}{d} \times (E \cdot d)^2}{A \cdot d} = \frac{\epsilon_0 \cdot A \cdot E^2 d^2}{2 \cdot A \cdot d^2}$$

$$= \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

The Energy density in the Electric field,

$$u_E = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

আবার,

inductor এর জন্য,

L = inductance;

I = current;

A = Cross section Area;

n = number of turns per unit length

l = length

$\therefore$ The inductance will be,

$L = \mu_0 n^2 l A$

for, Solenoidal shape, the magnetic field will be

$B = \mu_0 N I$,

The energy restored by the magnetic field into the inductor is, $\cancel{U_B = L i}$ $U_B = \frac{1}{2} L I^2$

$\therefore$ The energy restored per unit volume into the inductor is, $U_B = \frac{\frac{1}{2} L I^2}{A \cdot l}$

$\Rightarrow U_B = \frac{\frac{1}{2} \times (\mu_0 N^2 l A) \times \left(\frac{B}{\mu_0 N}\right)^2}{A \cdot l}$

$\Rightarrow U_B = \frac{B^2 \cdot A \cdot l \cdot \mu_0 \cdot N^2}{2 \cdot A \cdot l \cdot \mu_0^2 \cdot N^2}$

$\Rightarrow U_B = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\mu_0} \cdot B^2$

Energy density in the magnetic field

for inducton is, $U_B = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\mu_0} \cdot B^2$ — (ii)

We know,

The relation Between Electric & magnetic field

with speed of Light (c) is,

speed of Light, $c = \frac{E}{B}$; $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$

∴ From equation (ii),

$$U_B = \frac{1}{2} \frac{1}{\mu_0} B^2 = \frac{1}{2} \frac{1}{\mu_0} \left(\frac{E}{c}\right)^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{E^2}{\left(\frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}\right)^2} = \frac{E^2 \mu_0 \epsilon_0}{2 \mu_0}$$

$$\therefore \boxed{U_B = \frac{E^2 \epsilon_0}{2}} \text{ — (iii)}$$

Equation (iii) & Equation (i) is ~~sim~~ Simillar

$\therefore$ We can write that,

$$\boxed{U_B = U_E} \text{ --- (iv)}$$

energy stored by electric field is ~~equat~~ equal to energy ~~f~~ stored by magnetic field.

The energy following through space in the form of electromagnetic wave is equally distributed between the electric & magnetic field that constitute the Electromagnetic wave.

$\therefore$ $U = U_E + U_B = \frac{1}{2}\epsilon_0 E^2 + \frac{1}{2}\epsilon_0 E^2$

$\Rightarrow U = \epsilon_0 E^2 = \epsilon_0 E.E$

$\Rightarrow \boxed{U = \epsilon_0 EBC}$ --- (V) $\left[C = \frac{E}{B} \Rightarrow E = BC \right]$

$\hookrightarrow$ For Electric wave

~~equat~~ equal to

ld.

in the

equally

& magnetic

magnetic

E^2

$\frac{E}{B} \Rightarrow E = BC$

For magnetic wave,

$u = u_E + u_B = \frac{1}{2}\frac{1}{\mu_0}B^2 + \frac{1}{2}\frac{1}{\mu_0}B^2$

$u = \frac{B^2}{\mu_0} = \frac{B.B}{\mu_0}$

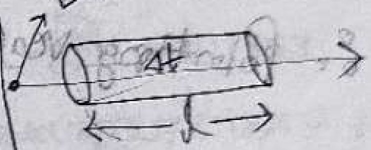
$\left[C = \frac{E}{B},\ B = \frac{E}{C} \right]$

$\Rightarrow u = \frac{B.\,E/c}{\mu_0} = \frac{EB}{\mu_0 C}$

$\therefore \boxed{u = \frac{E.B}{\mu_0 C}}$ — (vi)

↳ For magnetic wave

Electromagnetic wave



$\therefore S = Vt$

$\therefore$ For electromagnetic wave

$l = C \cdot \Delta t$

$\therefore$ Total Energy, $U = u \times \text{Volume}$

$= u \times A \times C \cdot \Delta t$

$\Rightarrow U = \epsilon_0 EBC \times AC\Delta t$

$= \epsilon_0 EBC^2 A \Delta t$

→ Equation (v) এর value বসিয়ে

$\therefore \boxed{U = \epsilon_0 ABC^2 E \Delta t}$ — (vii)

আমরা জানি,

Pointing vector | The energy per unit time across the per unit Area is called pointing vector.

অর্থাৎ একক সময়ে একক ক্ষেত্রফলে কি পরিমাণ energy pass ~~হয়~~ ~~তাকেই~~ pointing vector বলে,

$\therefore$ Pointing vector, $S = \frac{U}{A.\Delta t} = \frac{\epsilon_0 ABC^2 E.\Delta t}{A.\Delta t}$

$= \epsilon_0 C^2 E.B$

$= \epsilon_0 C^2 (\vec{E}\times\vec{B})$

$\therefore \vec{S} = \epsilon_0 C^2 (\vec{E}\times\vec{B})$

$\therefore \Rightarrow \vec{S} = \frac{1}{\mu_0}(\vec{E}\times\vec{B})$ $\left[C = \frac{1}{\sqrt{\mu_0\epsilon_0}} \Rightarrow C^2 = \frac{1}{\mu_0\epsilon_0} \Rightarrow \frac{1}{\mu_0} = \epsilon_0 C^2 \right.$

$\therefore$ Pointing vector প্রমাণ আসলে ~~উক্ত~~ ভাবেই প্রমাণ করতে হবে,

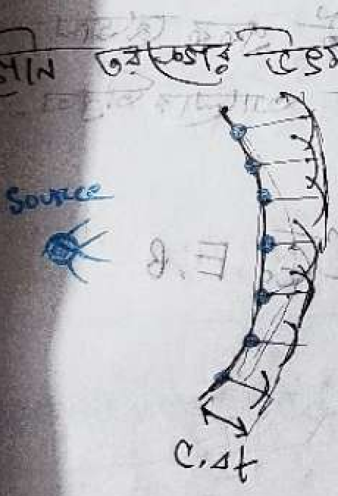
$$\boxed{\vec{S} = \epsilon_0 C^2 (\vec{E}\times\vec{B}) = \frac{1}{\mu_0}(\vec{E}\times\vec{B})}$$

Pointing vector.

Interference | ব্যতিচার | হস্তক্ষেপ

Huygens Principle / Statment | Huygen's principle states that every point on a wave from may be considered as a source of secondary wave.

অর্থাৎ হাইগেনসের মতে, তরঙ্গের সম্মুখের প্রতিটি বিন্দুকে গৌণ তরঙ্গের উৎস হিসাবে বিবেচনা করা যেতে পারে।



অর্থাৎ, Source হতে যেই আলো বের হয়েছে, তার তরঙ্গমুখের উপরের সকল বিন্দু যা সমদশা সম্পন্ন, সেই তাদের প্রত্যেক বিন্দুতে একটি গৌণ ও আলোক উৎস হিসাবে তুলনা করলে $C.\Delta t$ দূরত্বে সমদশা সম্পন্ন আরেকটি তরঙ্গ মুখ অবস্থা পাওয়া যাবে যেখানে সকল বিন্দু সমদশা সম্পন্ন থাকবে

Electromagnetic wave এর মধ্যে Electric field এর প্রবলতা তুলনামূলক বেশি থাকে তাই সবক্ষেত্রে বেশির ভাগ সময় $\vec{E}$ ব্যবহৃত হয়

আলোর তীব্রতা

Irradiance | Irradiance is the time average energy per unit area | per unit time. ~~It~~ is denoted by (I)

~~একটি তীব্রতা হলো, তা সময়ের মধ্যে প্রতি একক সময় একক ক্ষেত্রফলের মধ্যে যেই পরিমান শক্তি প্রবাহিত হয়~~ অর্থাৎ এর সময়ে প্রবাহিত শক্তি প্রতি একক ক্ষেত্রফল ও সময়ে যেই পরিমান প্রবাহিত হয় তাই আলোর তীব্রতা.

আমরা জানি,

পয়েন্টিং ভেক্টর, $S = \frac{E_{Total}}{A.\Delta t} = c^2 \epsilon_0 E.B$

$$\Rightarrow \vec{S} = c^2 \epsilon_0 (\vec{E}\times\vec{B})$$

∴ Irradiance হবে,

$$\boxed{I = \langle|\vec{S}|\rangle_{T} = \langle c^2\epsilon_0 |\vec{E}\times\vec{B}|\rangle_{T} = \underbrace{c^2\epsilon_0}_{\text{constant}}\langle|\vec{E}\times\vec{B}|\rangle_{T}}$$

average time

$$\vec{E}\times\vec{B} = E.B \sin 90^\circ \hat{n} = E.B$$

$$= E.\frac{E}{c} \quad \left[c = \frac{E}{B}\right]$$

$$\therefore \vec{E}\times\vec{B} = \frac{E^2}{c}$$

$$\therefore I = c^2\epsilon_0 \langle |\vec{E}\times\vec{B}| \rangle_T$$

$$= c^2\epsilon_0 \left\langle \frac{\vec{E}^2}{c} \right\rangle_T = c\epsilon_0 \langle \vec{E}^2 \rangle_T$$

$$\Rightarrow \boxed{I = c\epsilon_0 \langle \vec{E}^2 \rangle_T}$$

শূন্য মাধ্যমে আলোর (irradiance তীব্রতা)

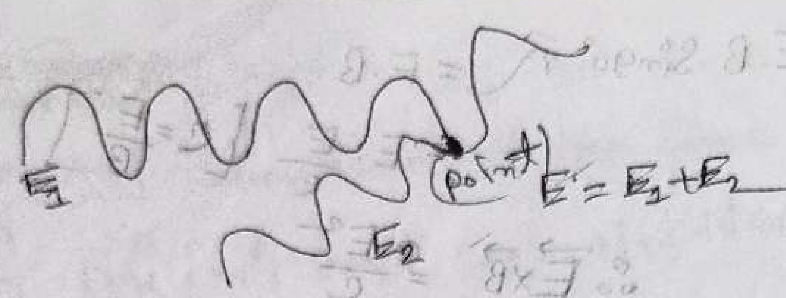
$$\boxed{I = v\epsilon \langle \vec{E}^2 \rangle_T}$$

যেকোনো মাধ্যমে আলোর (irradiance তীব্রতা)

Superposition of Light :

আলোর উপরিপাতনের জন্য অসংখ্য তরঙ্গ সমূহের বিস্তার, কম্পাঙ্ক প্রায় সমান হতে হবে, তাহলেই তরঙ্গের উপরিপাতন হবে।

$\therefore$



According to the principle of superposition, the electric field intensity, $\vec{E}$ at a point P_S space $\vec{E} = \vec{E_1} + \vec{E_2}$ —— (i)

Let us consider,

$\vec{E_1}(\vec{r_1}, t) = \vec{E}_{o_1} \cos(\vec{k_1}\vec{r_1} - \omega t + \epsilon_1)$ —— (ii)

$\vec{E_2}(\vec{r_2}, t) = \vec{E}_{o_2} \cos(\vec{k_2}\vec{r_2} - \omega t + \epsilon_2)$ —— (iii)

আমরা জানি,

Irradiation, $I = c\epsilon_0 \langle \vec{E}^2 \rangle_T$

$\therefore I \propto \langle \vec{E}^2 \rangle_T$

$\therefore I = \langle \vec{E}^2 \rangle_T$ —— (iv)

$\vec{E}^2 = \vec{E} \cdot \vec{E} = (\vec{E_1} + \vec{E_2}) \cdot (\vec{E_1} + \vec{E_2})$

$\Rightarrow \vec{E}^2 = \vec{E_1}\vec{E_1} + \vec{E_2}\vec{E_2} + 2\vec{E_1}\vec{E_2}$

Taking time avarage in both side,

$$\langle \vec{E}^2\rangle_T = \langle \vec{E}_1\vec{E}_1\rangle_T + \langle \vec{E}_2\cdot\vec{E}_2\rangle_T + 2\langle \vec{E}_1\vec{E}_2\rangle_T \quad \text{— (V)}$$

$$\Rightarrow I = I_1 + I_2 + 2I_{12} \quad \text{— (Vi)}$$

$$\therefore I_1 = \langle \vec{E}_1^2\rangle_T = \langle E_{01}^2\cos^2(\vec{k}_1\cdot\vec{r}_1 - \omega t + \varepsilon_1)\rangle_T$$

$$\therefore I_2 = \langle \vec{E}_2^2\rangle_T = \langle E_{02}^2\cos^2(\vec{k}_2\cdot\vec{r}_2 - \omega t + \varepsilon_2)\rangle_T$$

$$\therefore I_{12} = \langle \vec{E}_1\cdot\vec{E}_2\rangle_T$$

$$= \langle \vec{E}_{01}\cos(\vec{k}_1\cdot\vec{r}_1 - \omega t + \varepsilon_1)\cdot\vec{E}_{02}\cos(\vec{k}_2\cdot\vec{r}_2 - \omega t + \varepsilon_2)\rangle_T$$

$$\therefore \langle \vec{E}_1\cdot\vec{E}_2\rangle_T$$

$$= \langle \vec{E}_{01}\cos(\vec{k}_1\cdot\vec{r}_1 - \omega t + \varepsilon_1)\cdot\vec{E}_{02}\cos(\vec{k}_2\cdot\vec{r}_2 - \omega t + \varepsilon_1)\rangle_T$$

$$= \langle \vec{E}_{01}\cdot\vec{E}_{02}\{\cos(\vec{k}_1\cdot\vec{r}_1 + \varepsilon_1)\cos\omega t + \sin(\vec{k}_1\cdot\vec{r}_2 + \varepsilon_1)\cdot\sin\omega t\}$$

$$\{\cos(\vec{k}_2\cdot\vec{r}_2 + \varepsilon_2)\cos\omega t + \sin(\vec{k}_2\cdot\vec{r}_2 + \varepsilon_2)\cdot\sin\omega t\}\rangle_T$$

$$= \Big\langle \vec{E}_{01} \cdot \vec{E}_{02} \Big\{ \big\{ \cos(\vec{k}_1 \vec{r}_1 + \varepsilon_1) \cos(\vec{k}_2 \vec{r}_2 + \varepsilon_2) \cdot \cos^2 \omega t \big\}$$

$$+ \big\{ \cos(\vec{k}_1 \vec{r}_1 + \varepsilon_1) \sin(\vec{k}_2 \vec{r}_2 + \varepsilon_2) \sin\omega t \cos\omega t \big\} +$$

$$\big\{ \sin(\vec{k}_1 \cdot \vec{r}_1 + \varepsilon_1) \sin(\vec{k}_2 \cdot \vec{r}_2 + \varepsilon_2) \sin^2 \omega t \big\} +$$

$$\big\{ \sin(\vec{k}_1 \vec{r}_1 + \varepsilon_1) \cos(\vec{k}_2 \cdot \vec{r}_2 + \varepsilon_2) \sin\omega t \cos\omega t \big\} \Big\} \Big\rangle_T \quad \text{--- (8)}$$

∴ The time avarage of any function $f(t)$ taken over an ~~integ~~ interval (T) is given by,

$$\langle f(t) \rangle_T = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} f(t') \, dt'$$

Here, for $\langle \sin^2 \omega t \rangle_T = \langle \cos^2 \omega t \rangle_T = 1/2$

& $\langle \sin\omega t \cdot \cos\omega t \rangle_T = 0$ আছে।

$\therefore \langle \sin^2 \omega t \rangle_T = \langle \cos^2 \omega t \rangle_T = 1/2$ এবং $\langle \sin\omega t \cos\omega t \rangle_T = 0$

এর মান (8) নং সমীকরণে বসিয়ে পাই,

$$\therefore \langle \vec{E_1} \cdot \vec{E_2} \rangle_T$$

$$= \Big\langle \vec{E_{01}} \cdot \vec{E_{02}} \Big\{ \Big\{ \frac{1}{2} \cos(\vec{K_1} \cdot \vec{r_1} + \varepsilon_1) \cos(\vec{K_2} \cdot \vec{r_2} + \varepsilon_2) \Big\} + \{0\} + \Big\{ \tfrac{1}{2} \sin(\vec{K_1} \cdot \vec{r_1} + \varepsilon_1) \sin(\vec{K_2} \cdot \vec{r_2} + \varepsilon_2) \Big\} + \{0\} \Big\} \Big\rangle_T$$

$$= \frac{1}{2} \Big\langle \vec{E_{01}} \cdot \vec{E_{02}} \cos\big((\vec{K_1} \cdot \vec{r_1} + \varepsilon_1) - (\vec{K_2} \cdot \vec{r_2} + \varepsilon_2) \big) \Big\rangle_T$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \vec{E_{01}} \cdot \vec{E_{02}} \cdot \cos(\vec{K_1} \cdot \vec{r_1} - \vec{K_2} \cdot \vec{r_2} + \varepsilon_1 - \varepsilon_2)$$

$$\therefore I_{12} = 2 \langle \vec{E_1} \cdot \vec{E_2} \rangle_T$$

$$\Rightarrow I_{12} = \vec{E_{01}} \cdot \vec{E_{02}} \cos(\vec{K_1} \cdot \vec{r_1} - \vec{K_2} \cdot \vec{r_2} + \varepsilon_1 - \varepsilon_2)$$

$$\therefore I_{12} = \vec{E_{01}} \cdot \vec{E_{02}} \cdot \cos\delta \quad \text{——} (9)$$

Here, $\delta = \vec{K_1} \cdot \vec{r_1} - \vec{K_2} \cdot \vec{r_2} + \varepsilon_1 - \varepsilon_2$ = Phase difference

$\therefore \cancel{I_1 = \langle \vec{E_1} \rangle_T = \frac{1}{2} E_{01}^2}$

$$\therefore I_1 = \langle \vec{E_1}^2 \rangle_T = \langle E_{01}^2 \cos^2(\vec{k_1}\cdot\vec{r_1} - \omega t + \varepsilon_1) \rangle_T$$

$$\Rightarrow I_1 = \frac{1}{2} E_{01}^2 \quad \text{——— (10)}$$

$$\therefore I_2 = \langle \vec{E_2}^2 \rangle_T = \langle E_{02}^2 \cos^2(\vec{k_2}\cdot\vec{r_2} - \omega t + \varepsilon_2) \rangle_T$$

$$\Rightarrow I_2 = \frac{1}{2} E_{02}^2 \quad \text{——— (11)}$$

(vi) নং equation এ ~~12~~ (~~9~~ 9, 10, 11) এর মান ~~বসিয়ে~~ পাই

$$\therefore I = I_1 + I_2 + I_{12} \cancel{= I_1 + I_2 + \vec{E_{01}}\cdot\vec{E_{02}}}$$

$$= I_1 + I_2 + \vec{E_{01}}\cdot\vec{E_{02}} \cos\delta$$

$$= I_1 + I_2 + \sqrt{2I_1}\cdot\sqrt{2I_2}\cdot\cos\delta \quad [\text{মান বসিয়ে}]$$

$$= I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\cos\delta$$

$$\therefore I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\cos\delta \quad \text{——— (12)}$$

$\therefore I_{max} = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}$; when, $\delta = \pm 0, \pm 2\pi, \pm 4\pi \ldots n\pi$

$\therefore I_{min} = I_1 + I_2 - 2\sqrt{I_1 I_1}$; when, $\delta = \pm \pi, \pm 3\pi, \pm 5\pi \ldots \ldots (2n+1)\pi$.

$\therefore$ If, $I_1 = I_2 = I_0$ then equation (12) will be.

then, $I = I_0 + I_0 + 2\sqrt{I_0 I_0} \cos\delta = 2I_0 + 2I_0 \cos\delta$

$\Rightarrow I = 2I_0(1+\cos\delta) = 2I_0 \cdot 2\cos^2 \delta/2$

$\Rightarrow I = 4I_0 \cos^2 \delta/2$

$\therefore$ Irradience, $\boxed{I = 4I_0 \cos^2 \delta/2}$

PHYSIC
(SI)

Youngs double slit experiment

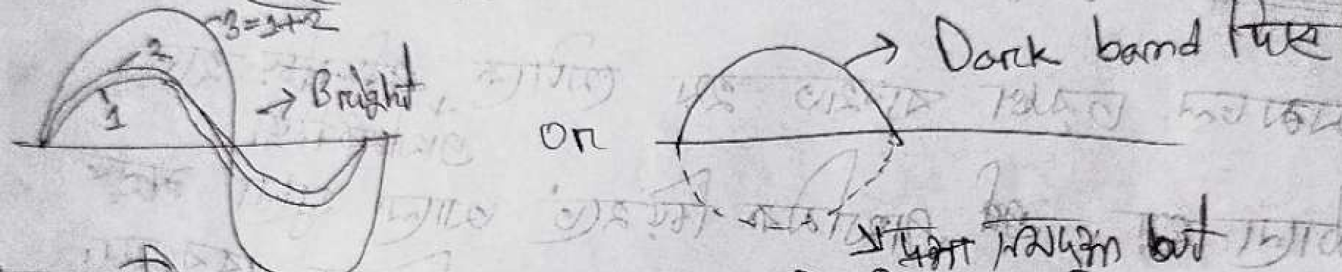
In this experiment, Young allowed a hypothetical monochromatic plan wave (প্রকল্পিত শুধু এক রঙের তরঙ্গ যা একটি সমতল তরঙ্গ) to fall on a pin hole (ক্ষুদ্র ছিদ্র) (S). Which is know as primary slit (প্রাথমিক ছিদ্র). Then primary slit diffracted out all angles in the forward direction and a cylindrical wave will go out. This wave is turn, falls on two narrow, closed space slit (S_1 & S_2). S_1 & S_2 are equidistance from "S." This wave also spread out from on the screen and interference are produced which are alternatively dark & bright. If two waves falls on the screen with same phase

& if they are in opposite phase dark bands as well as destructive (বিনাশকারী) interference (ব্যতিচার) will be produced.

ব্যাখ্যা || Young এর দ্বিচিড় পরীক্ষার মধ্যেই একটি এক বর্ণের সমতল তরঙ্গ ব্যবহৃত হয় সেটাকে ~~একটি চিড়~~ প্রাথমিক চিড়, হতে পাঠানো হয়। এই প্রাথমিক চিড় হতে আলো গুলো নলাকার (Cylindrical wave / নলাকার তরঙ্গ) হিসাবে বের হয়। সেই নলাকার তরঙ্গ আবার প্রাথমিক চিড় (S) হতে সমদূরত্ব সম্পন্ন দুটি চিড় (S_1, S_2) দিয়ে বের হবে এবং S_1 ও S_2 হতে দুটি নতুন নলাকার তরঙ্গ বের হবে। দুটি তরঙ্গ পরস্পরের মাঝে উপরিপাতন হবে। যদি তরঙ্গদ্বয় ~~একে অপরের~~ পরস্পর সমদশা সম্পন্ন হয় তাহলে তাদের উপরিপাতন উজ্জ্বল রূপ প্রদর্শন করবে। যদি সমদশা এবং বিপরীত অবস্থায় হয় তাহলে এ অন্ধকার বলয় দেখাবে।

monocromatic wave → শুধু একটি wave যেটা শুধু একটি রং প্রদর্শন করে।

অবশ্যই সমান হতে হবে, না হলে যথার্থ উজ্জ্বল বা অন্ধকার কোনটাই দেখাবে না।

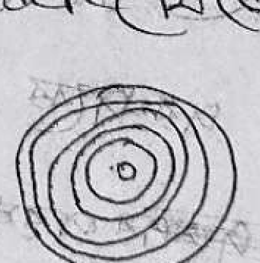


দশা সমান but বিপরীত ও যদি

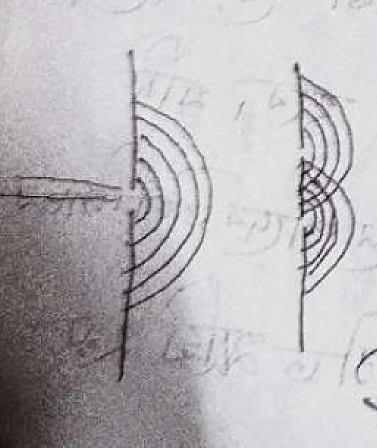
তরঙ্গ দুটির Amplitude same হতে হবে।
↓
বিস্তার

cylendrical wave | নলাকার তরঙ্গ

মনে cylender দেখতে



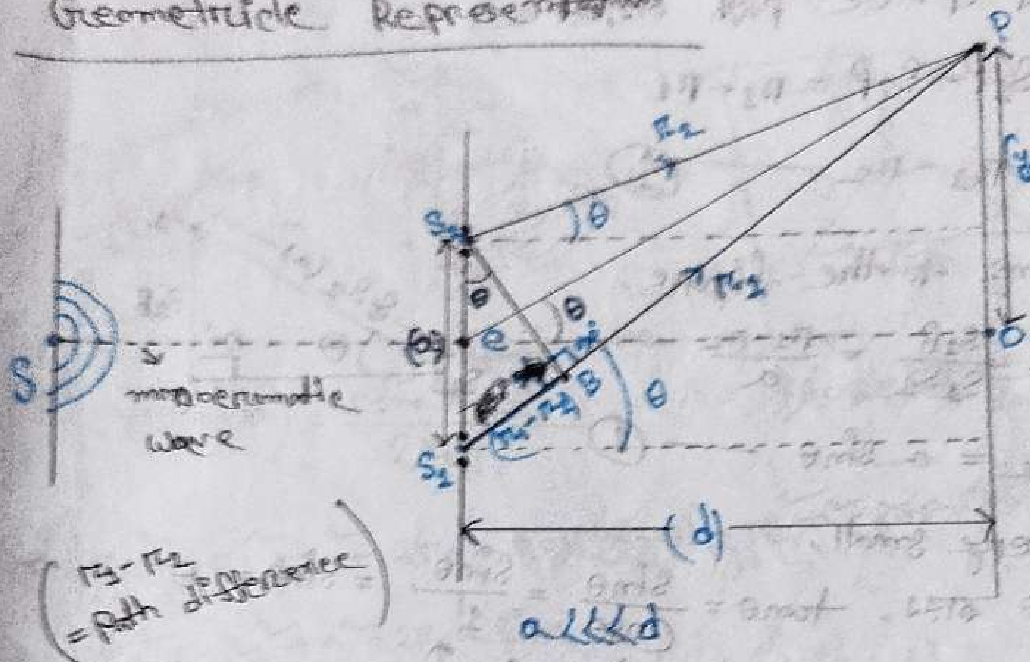
এই রকম হয় একে মাঝখান দিয়ে দুই ভাগ করলে



এই রকম দেখা যায়।

যাকে cylendrical wave বলে, যার প্রত্যেক তরঙ্গ মুখ কে বলে মুখ্য হলো Plan wave.

Geometricle Representation



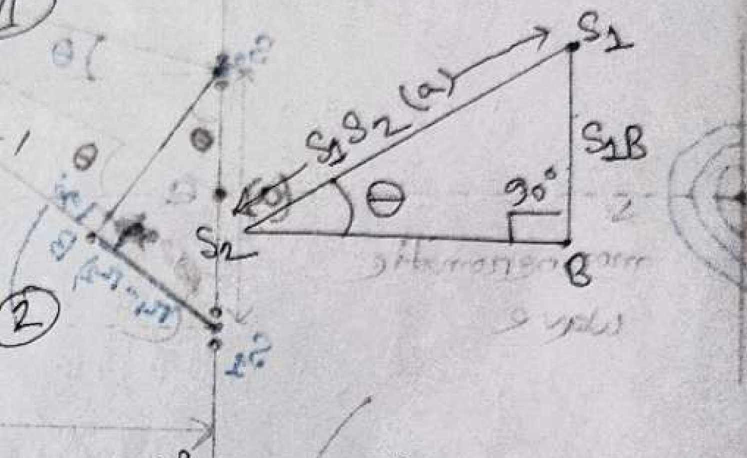
The above figure shows the arrangement of youngs experiment. S is the primary slit. The slit S_1 & S_2 are equidistance from (S). And they are separated with a small distance. It's like $(d \ggg a)$. θ is very small and perticularly equal. Draw a perpendicular S_2B from S_2 on S_1P.

PHYSICS (SI)

The ~~of~~ optide path difference,

$S_1B = S_1P - S_2P = r_1 - r_2$

$\Rightarrow S_1B = r_1 - r_2$ —— (1)



According to the figure,

$\sin\theta = \frac{S_1B}{S_1S_2} = \frac{r_1 - r_2}{a}$

$\Rightarrow r_1 - r_2 = a\sin\theta$ —— (2)

θ is very small,

$\sin\theta = \theta$ কারণ, $\tan\theta = \frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \frac{\sin\theta}{1} = \sin\theta = \theta$

$\theta \simeq 0$ হলে $\cos 0° = 1$

ΔCOP হতে পাই,

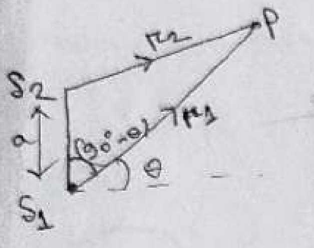
$\tan\theta = \frac{PO}{CO} = \boxed{\frac{y}{d} = \theta}$ —— (3)

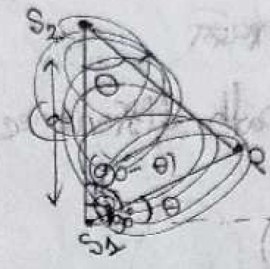
$\therefore$ equation (2) হতে পাই,

$r_1 - r_2 = a\sin\theta$ [$\theta \simeq \sin\theta$

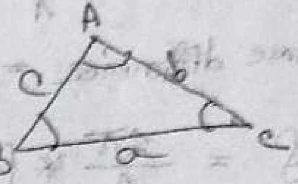
$\Rightarrow \boxed{r_1 - r_2 = a\frac{y}{d}}$ — (4) [$\theta = y/d$ বসিয়ে পাই

Apply the law of cosine to triangle (S_1PS_2)





we know the formula is,



then, $\cos C = \frac{a^2+b^2-c^2}{2ab}$

~~$S_1P = r_1 - r_2$~~

$$\therefore \cos(90° - \theta) = \frac{r_1^2 + a^2 - r_2^2}{2r_1 a}$$

$$\Rightarrow r_2^2 = r_1^2 + a^2 - 2r_1 a \cos(90° - \theta) = r_1^2 + a^2 - 2r_1 a \cos(90° - \theta)$$

$$\Rightarrow r_2^2 = r_1^2 + a^2 - 2r_1 a \sin\theta$$

$$\Rightarrow \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 = 1 + \left(\frac{a}{r_1}\right)^2 - 2\left(\frac{a}{r_1}\right)\sin\theta \quad [r_1^2 \text{ দ্বারা ভাগ করে পাই}]$$

$$\therefore \left(\frac{r_2}{r_1}\right) = \sqrt{1 + \left(\frac{a}{r_1}\right)^2 - 2\left(\frac{a}{r_1}\right)\sin\theta}$$

এই সমীকরণকে ও Applying Maclaurin Series,

$$r_2 = r_1 - a\sin\theta + \frac{a^2}{2r_1}\cos^2\theta + \ldots\ldots$$

$$\Rightarrow r_2 = r_1 - a\sin\theta$$

এখানে, তরঙ্গ দৈর্ঘ্য λ ও a হলো অনেক ক্ষুদ্র যা, $\frac{a}{\lambda}$ = small constant

$$\therefore \boxed{r_1 - r_2 = a\sin\theta}$$

→ path difference is same, like eq (2)

PHYSICS
(SI)

∴ আমরা জানি,

দশা পার্থক্য = $\frac{2\pi}{\lambda}$ * পথ পার্থক্য

$\Rightarrow$ Phase difference = $\frac{2\pi}{\lambda}$ * path difference

$$\Rightarrow \delta = \frac{2\pi}{\lambda} * (r_1 - r_2)$$

$$\Rightarrow \delta\lambda = 2\pi * (r_1 - r_2)$$

আমরা জানি,

Irradience, $I = 4I_0 \cos^2 \delta/2$

$$\therefore \delta\lambda = 2\pi (r_1 - r_2)$$

$$\Rightarrow r_1 - r_2 = \left(\frac{\delta}{2\pi}\right) \cdot \lambda$$

$\left(\frac{\delta}{2\pi}\right) \longrightarrow$ Phase difference হলো

~~যুগ্মক~~ $\left(\frac{\delta}{2\pi}\right) = m$ ~~বিন্দু~~

$$\Rightarrow r_1 - r_2 = m \cdot \lambda$$

m = তম বিন্দু

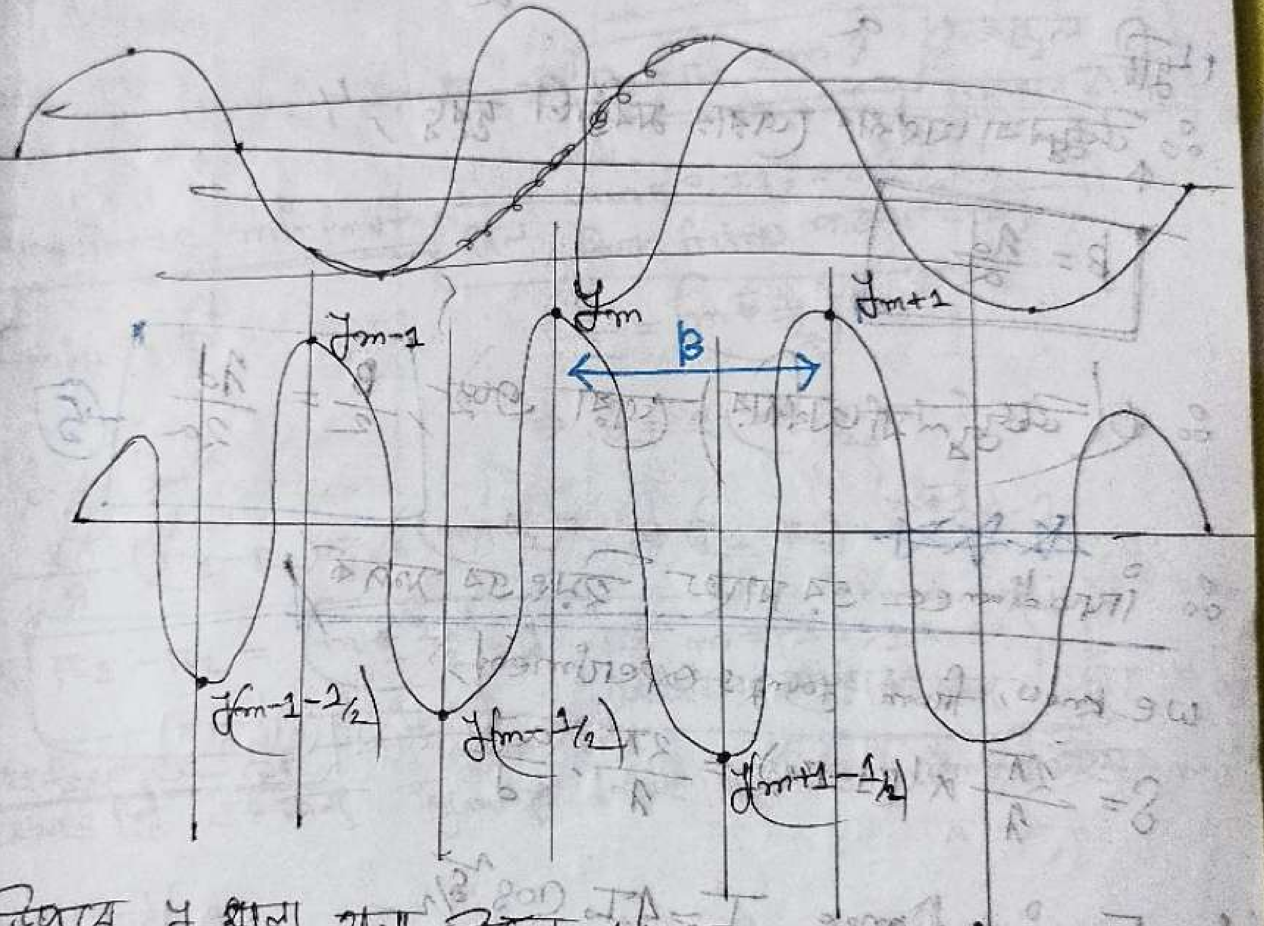
If the point (P) is bright,

$$\Rightarrow r_1 - r_2 = m\lambda$$

$$\Rightarrow \frac{a y_m}{d} = m\lambda$$

[from eq(4), is the point is m তম,

$\Rightarrow$ $\boxed{y_m = \frac{m\lambda d}{a}}$ → mতম বিন্দুর দূরত্ব নির্ণয়ের সূত্র।



উপরের y গুলো হলো উজ্জ্বল ডোরার জন্য দূরত্ব,
নিচের y গুলো হলো অন্ধকার ডোরার জন্য দূরত্ব।

PHYSICS (SJ)

∴ দুটি উজ্জ্বল বা অন্ধকার ডোরার মধ্যবর্তী দূরত্ব,

$$\beta = y_{m+1} - y_m = \frac{(m+1)\lambda d}{a} - \frac{m\lambda d}{a}$$

$$= \frac{m\lambda d + \lambda d - m\lambda d}{a} = \frac{\lambda d}{a}$$

∴ দুটি উজ্জ্বল বা অন্ধকার ডোরার মধ্যবর্তী দূরত্ব,

$$\boxed{\beta = \frac{\lambda d}{a}}$$

∴ (উজ্জ্বল বা অন্ধকার) ডোরা প্রস্থ, $\boxed{\frac{\beta}{2} = \frac{\lambda d}{2a}}$ 5

∴ irradiance এর সাথে ইয়ং এর সম্পর্ক

we know, from young's experiment,

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \times (r_1 - r_2) = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{ay}{d}$$

∴ For irradiance, $I = 4I_0 \cos^2 \delta/2$

$$= 4I_0 \cos^2\left(\frac{2\pi}{2\lambda} \cdot \frac{ay}{d}\right)$$

Irradience & Young double slit formula relation

$$\therefore \boxed{I = 4I_0 \cos^2\left(\frac{ya\pi}{\lambda d}\right)}$$

Irradiance Maximum হলে bright frings (রেখা) পাওয়া যায়

$I_{max} = 4I_0$; $\frac{\delta}{2} = (0, \pm 1, \pm 2 \pm 3 \cdots \pm m)\pi$

$\Rightarrow \delta_m = 2m\pi$

$\therefore \delta = \delta_m$

$\Rightarrow \frac{2\pi}{\lambda}(r_1 - r_2) = 2m\pi \Rightarrow \boxed{r_1 - r_2 = m\lambda}$ → উজ্জ্বল রেখার জন্য

$m = 0, \pm 1, \pm 2 \pm 3, \cdots$

Irradiance minimum হলে, Dark frings পাওয়া যায়,

$I_{min} = 0$; $\frac{\delta}{2} = (m \mp \frac{1}{2})\pi$

$\Rightarrow \delta_m = 2(m \pm \frac{1}{2})\pi$

$\Rightarrow \delta = \delta_m$

$\Rightarrow \frac{2\pi}{\lambda}(r_1 - r_2) = 2(m + 1/2)\pi \Rightarrow (r_1 - r_2) = \frac{(m \mp 1/2)\cdot\lambda}{1}$

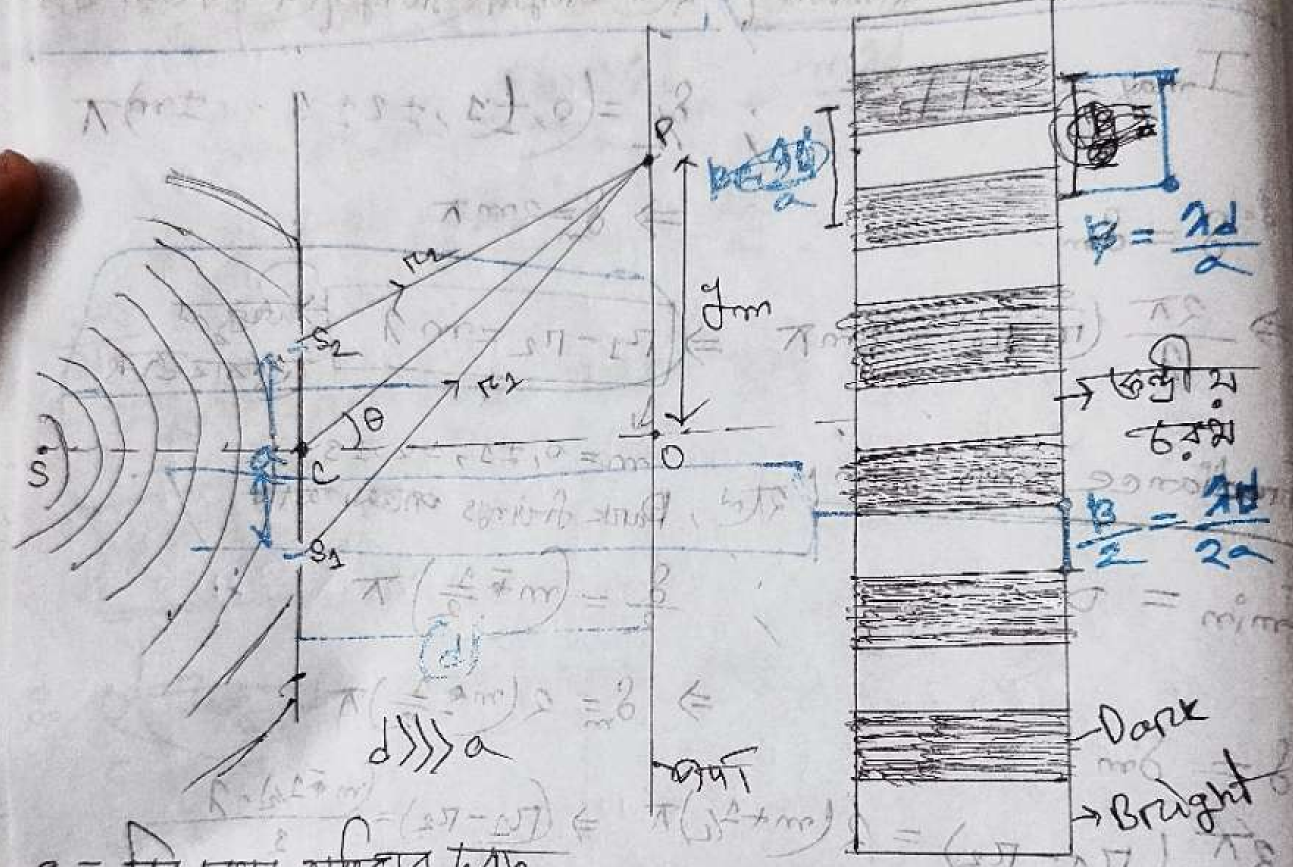
$\Rightarrow \boxed{r_1 - r_2 = (m \pm 1/2)\cdot\lambda}$ → $m = (\pm 1, \pm 2, \pm 3)\cdots$ অন্ধকার রেখার জন্য

Interference for wave ফ্রন্ট এর জন্য young double slit experiment হয়,

~~Amplitude~~

Interference for Amplitude এর জন্য Newton's Ring experiment হয়।

PHYSICS (SI)



a = ছিদ্র দুয়ের মধ্যকার দূরত্ব

d = ছিদ্র হতে পর্দার দূরত্ব।

y_m = কেন্দ্রীয় চরম হতে mতম (উজ্জ্বল / অন্ধকার) ডোরার দূরত্ব।

∴ আগের সূত্র হতে পাই,

(i) দুটি উজ্জ্বল / অন্ধকার ডোরার মধ্যবর্তী দূরত্ব, $\beta = \frac{\lambda d}{a}$

(ii) উজ্জ্বল / অন্ধকার ডোরা প্রস্থ, $\frac{\beta}{2} = \frac{\lambda d}{2a}$

(iii) ~~mতম ডোরার জন্য কেন্দ্রীয় চরম হতে দূরত্ব~~, $y_m = \frac{m\lambda d}{a}$

কেন্দ্রীয় রেখা হতে, উজ্জ্বল এবং অন্ধকার রেখার জন্য
{ m তম রেখার দূরত্ব নির্ণয়ের সূত্র }

আমরা জানি,

| $\tan\theta = \frac{y}{d}$
| $\tan\theta \approx \sin\theta$

পথ পার্থক্য, $r_1 - r_2 = a\sin\theta$

$\Rightarrow r_1 - r_2 = a \cdot \frac{y}{d}$

★ উজ্জ্বল রেখার জন্য পথ পার্থক্য, $\boxed{r_1 - r_2 = m\lambda}$

এখানে, $m = 0, \pm 1, \pm 2 \ldots \pm m$

$\therefore a \cdot \frac{y_m}{d} = m\lambda \Rightarrow \boxed{(y_m)_{\text{Bright fringes}} = \frac{m\lambda d}{a} \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3 \ldots}$ → কেন্দ্রীয় রেখা হতে m তম উজ্জ্বল রেখার দূরত্ব।

$\therefore m = 0;\ y_{B_0} = 0$

$m = 1;\ y_{B_1} = \frac{\lambda d}{a}$

$m = 2;\ y_{B_2} = 2\frac{\lambda d}{a}$; $m = 3;\ y_{B_3} = 3\frac{\lambda d}{a}$

★ অন্ধকার রেখার জন্য পথ পার্থক্য, $\boxed{r_1 - r_2 = \left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda}$

এখানে, $m = \pm 1, \pm 2, \pm 3 \ldots$

$\therefore a \cdot \frac{y_m}{d} = \left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda \Rightarrow \boxed{(y_m)_{\text{Dark fringes}} = \left(m - \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda d}{a}}$

কেন্দ্রীয় রেখা হতে অন্ধকার রেখার দূরত্ব।

ঃ অবক্ষিপ্ত ডোরার জন্য,

y_{D_1} $m=1$; $y_{D_1} = \frac{1}{2}\frac{\lambda d}{a}$

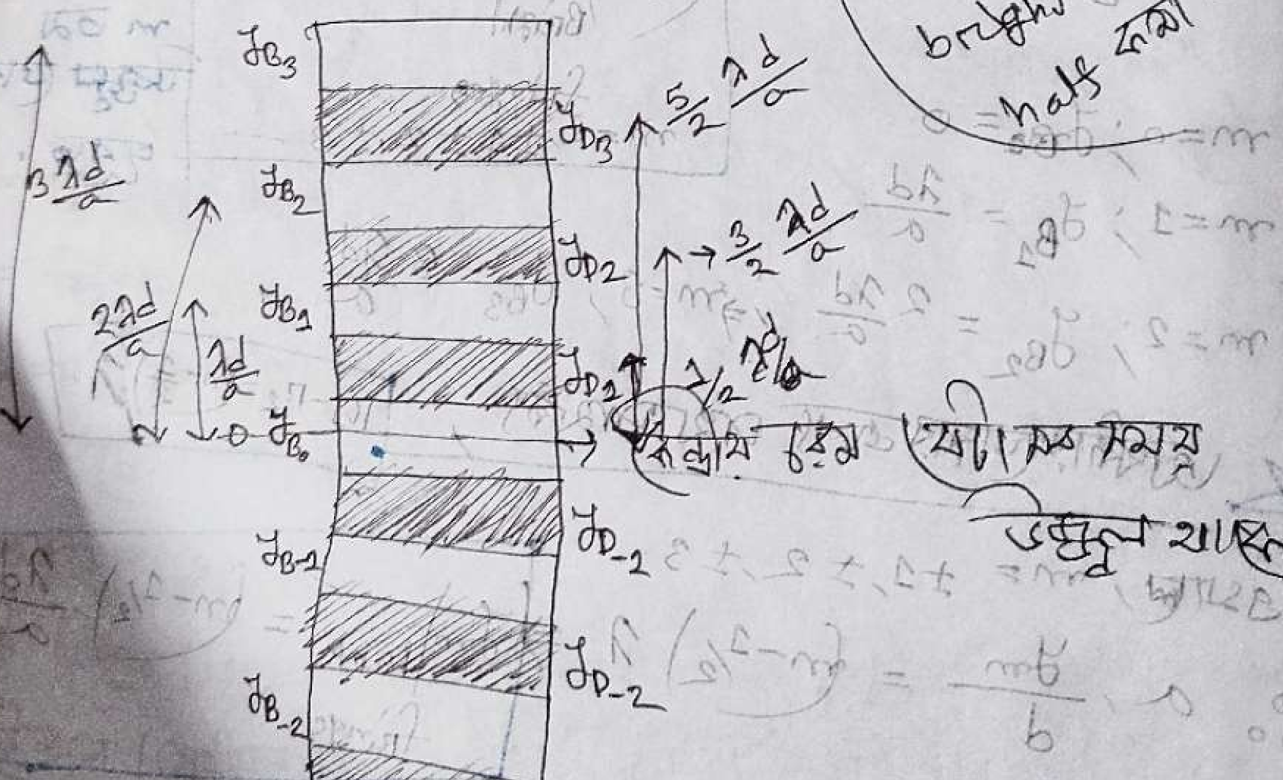
$m=2$; $y_{D_2} = \frac{3}{2}\frac{\lambda d}{a}$

$m=3$; $y_{D_3} = \frac{5}{2}\frac{\lambda d}{a}$

ঃ যদি পর্দায় প্রাপ্ত প্রতিচ্ছবি দেখা যায়, Bright & dark fringes দূর করে।

ডোরার

প্রত্যেক dark মধ্যবর্তী bright হতে half করা হয়



∴ (iii) (কেন্দ্রীয় চরম উজ্জ্বল) থেকে m তম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব, $\boxed{(y_m)_{\text{Bright fringes}} = m\frac{\lambda d}{a}}$

(iv) (কেন্দ্রীয় চরম উজ্জ্বল) হতে m তম অন্ধকার ডোরার দূরত্ব, $\boxed{(y_m)_{\text{dark fringes}} = \left(m-\frac{1}{2}\right)\frac{\lambda d}{a}}$

(i) দুটি (উজ্জ্বল / অন্ধকার) ডোরার ~~মধ্যবর্তী~~ দূরত্ব,

$$\boxed{\beta = \frac{\lambda d}{a}}$$

(ii) (উজ্জ্বল / অন্ধকার) একটি ডোরা প্রস্থ, $\boxed{\frac{\beta}{2} = \frac{\lambda d}{2a}}$

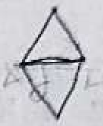
most important

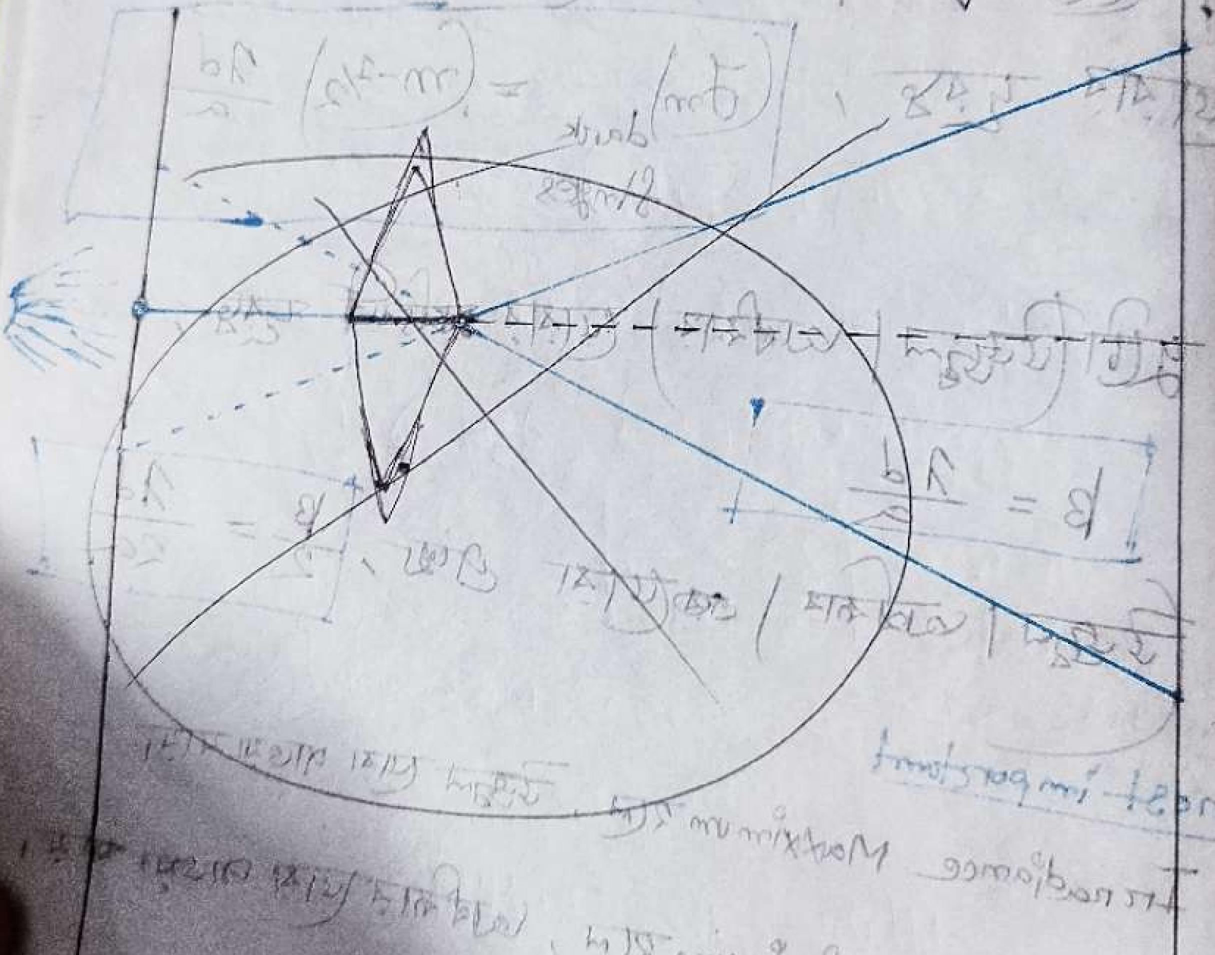
(i) Irradiance Maximum হলে, উজ্জ্বল ডোরা পাওয়া যায়।

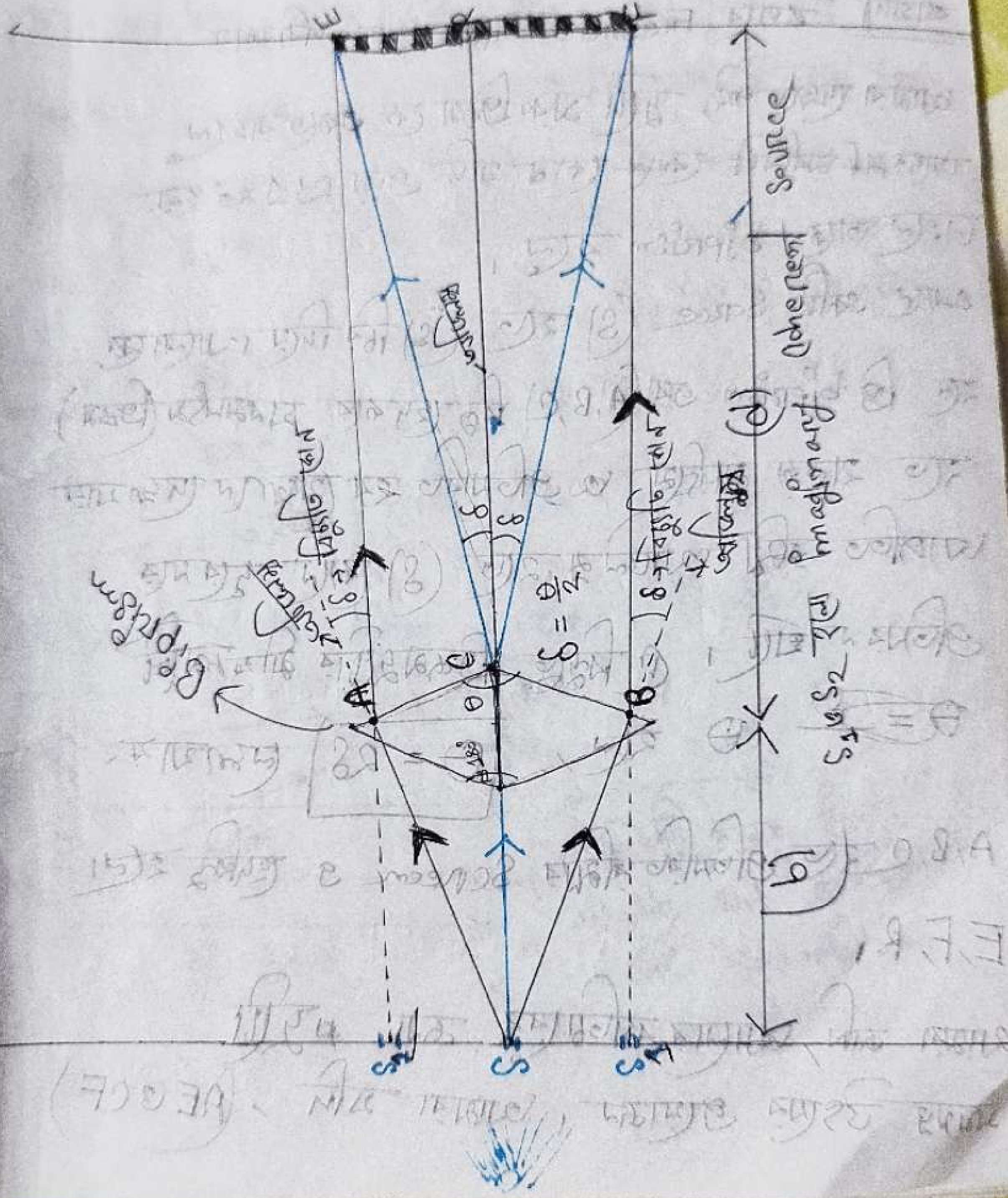
(ii) Irradiance minimum হলে, অন্ধকার ডোরা পাওয়া যায়।

Fresnel's Biprism

দুটি অতি সূক্ষ্ম প্রিজম একত্রে রেখে আলোর একটি Interference দেখায়, প্রিজম দুটির মধ্যে সংযুক্ত কোণ (170° – 179°) ≈ 180° মত হয় তাকে biprism বলে।







E
F
Coherent Source
Imaginary
S_1 ও S_2
(a)
(b)
Biprism
A
B
C
$\delta = \frac{\theta}{2}$
S
S_1
S_2

ব্যাখ্যা: উপরে Fresnel's Biprism এর পরীক্ষায়

আমরা দেখতে পাই, দুটো সরু প্রিজম কে একত্রে রাখলে।

তাদের ~~মধ্যবর্তী কোণ~~ কোন যদি প্রায় $\simeq 180°$ হয়।

তাহলে তাকে biprism বলে।

এখানে একটি Source (S) হতে (S) চির দিয়ে আলোক হয়ে biprism এর (A, B, C) বিন্দু ভেদ করে ঘনমাধ্যম (প্রিজম) হতে হালকা মাধ্যমে প্রতিসরিত হয় যেখানে দেখা যায় আপতিত রশ্মি অভিলম্ব হতে (δ) কোনে দূরে সরে প্রতিসরণ ঘটে। C বিন্দুতে প্রিজমদুটোর শীর্ষকোণ $\theta = \delta$ ⊖ হলে, $\boxed{\theta = 2\delta}$ লেখা যায়।

A, B, C হতে প্রতিসরিত রশ্মির Screen এ ছেদবিন্দু হলো E, F, R।

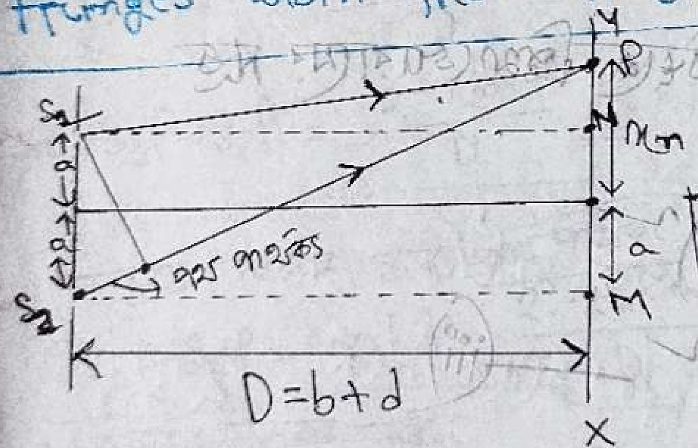
আমরা জানি, আলোর ব্যতিচারের জন্য দুটো সমমন্ত্র উৎসের প্রয়োজন। আমরা যদি (AE ও CF)

কে পেছনের দিকে বর্ধিত করি তাহলে S_1 বিন্দুতে ছেদকরে,
আবার, (BF ও CE) কে পেছনের দিকে বর্ধিত করলে S_2 বিন্দুতে ছেদ করে।

S_1 এবং S_2 হলো দুটি কাল্পনিক উৎস।

চিত্রে, শুধু মাত্র CEF এর মধ্যে আলোর ব্যতিচার হবে এবং Screen (EF) এর মধ্যে Fringes বা (উজ্জ্বল বা অন্ধকার) ডোরা দেখা যাবে।

Fringes width from Fresnel's Biprism



চিত্রটি মনে চ Young double slit এর মতোই just geometrically value change

Young double slit এর মধ্যে আমরা পাই,

পথ পার্থক্য (for bright fringes)

যেক্ষেত্রে $r_1 - r_2 = n\lambda$ = পথ পার্থক্য,

∴ উপরের Fresnel's biprism এর ক্ষেত্রে পথ পার্থক্য

হবে $S_1P - S_2P = n\lambda$ ——— (i)

চিত্রের মধ্যে (S_1PM) ত্রিভুজে পিথাগোরাসের সূত্র প্রয়োগ

করে পাই, $(S_1P)^2 = (PM)^2 + (S_1M)^2$

$\Rightarrow (S_1P)^2 = (x_n + a)^2 + D^2$ ——— (ii)

চিত্রের মধ্যে S_2PN ত্রিভুজে পিথাগোরাসের সূত্র

প্রয়োগ করে পাই,

$(S_2P)^2 = (PN)^2 + (S_2N)^2$

$\Rightarrow (S_2P)^2 = (x_n - a)^2 + D^2$ ——— (iii)

(iii-iii) করে পাই

$(S_1P)^2 - (S_2P)^2 = (x_n+a)^2 + D^2 - (x_n-a)^2 - D^2$

$\Rightarrow S_1P^2 - S_2P^2 = (x_n+a)^2 - (x_n-a)^2$

$\Rightarrow (S_1P + S_2P)(S_1P - S_2P) = (x_n+a+x_n-a)(x_n+a-x_n+a)$

$\Rightarrow (S_1P+S_2P)(S_1P-S_2P) = 2x_n \cdot 2a = 4x_n a$

$\Rightarrow (S_1P - S_2P) = \frac{4x_n \cdot a}{(S_1P+S_2P)}$

শর্ত অনুসারে, young double slit অনুযায়ী $S_1P \approx S_2P \approx D$

$\therefore S_1P + S_2P = 2D$

$\Rightarrow (S_1P - S_2P) = \frac{4x_n a}{2D}$

$\Rightarrow |S_1P - S_2P| = \frac{2 \cdot x_n \cdot a}{D}$

P বিন্দুর দূরত্ব, কেন্দ্রীয় চরম হতে

$\therefore$ উজ্জ্বল ফোকাস জন্য পথ পার্থক্য

$$\boxed{S_1P - S_2P = n\lambda = \frac{2 \cdot x_n \cdot a}{D} \quad \Big| \quad x_n = \frac{n\lambda D}{2a}}$$

$\therefore$ ~~অন্ধকার ফোকাস জন্য~~

$S_1P - S_2P = \cancel{\left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda = \frac{2x_n a}{D}} \quad \Big| \quad \cancel{x_n = \left(n-\frac{1}{2}\right)\frac{\lambda D}{2a}}$

$n =$ তম ফোকাস

এখানে ($2a =$ চিড়দ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব)

~~The difference between two bright point~~

n তম উজ্জ্বল ডোরার জন্য দূরত্ব, $x_n = \frac{n \lambda D}{2a}$

এখানে চিরদুয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব $= 2a$

$\therefore$ $(n+1)$ তম উজ্জ্বল ডোরার জন্য দূরত্ব,

$$x_{(n+1)} = \frac{(n+1)\lambda D}{2a}$$

$\therefore$ The difference between two bright point is,

$$\beta = x_{(n+1)} - x_n$$

$$= \frac{n\lambda D + \lambda D - n\lambda D}{2a} = \frac{\lambda D}{2a} = \frac{\lambda(b+d)}{2a}$$

$$\therefore \boxed{\beta = \frac{\lambda D}{2a} = \frac{\lambda(b+d)}{2a}}$$

দুটি উজ্জ্বল ডোরার মধ্যবর্তী দূরত্ব

যেখানে $(2a)$ হলো চির দুয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব,

Method for measuring the distance between the central source

If n is the refractive index (প্রতিসরণাঙ্ক) of prism, then, $n = \dfrac{\sin\frac{\alpha+\delta}{2}}{\sin\alpha/2}$

where, α = Prism angle & δ = বিচ্যুতি কোণ

for small angle,

$$n \doteq \frac{\frac{\alpha+\delta}{2}}{\alpha/2} = \frac{\alpha+\delta}{\alpha} \Rightarrow n\alpha = \alpha+\delta$$

$$\Rightarrow \delta = n\alpha - \alpha \Rightarrow \delta = \cancel{n\alpha}\,\alpha(n-1)$$

$$\Rightarrow \boxed{\delta = \alpha(n-1)}$$

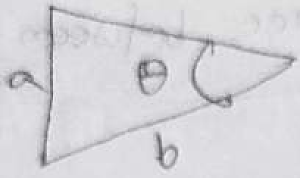
প্রিজমকোণ, প্রতিসরণাঙ্ক ও বিচ্যুতি কোণের সম্পর্ক

আবার, biprism এর Fresnel এর জন্য,

$$\theta = 2\delta$$

$$\therefore \frac{\theta}{2} = (n-1)\alpha$$

$$\Rightarrow \boxed{\theta = 2(n-1)\alpha}$$



$\therefore$ হলে বৃত্তচাপ, $\theta = \frac{a}{b} = \frac{\text{চাপ}}{\text{ব্যাসার্ধ}}$

$\therefore \theta = 2(\mu-1)\alpha$

$\Rightarrow \frac{a}{b} = 2(\mu-1)\alpha$ → ~~প্রিজমের প্রতিসরাঙ্ক~~

$\Rightarrow \boxed{a = 2b(\mu-1)\alpha}$ → প্রিজমের কোণ

→ (b) চির হতে biprism এর দূরত্ব

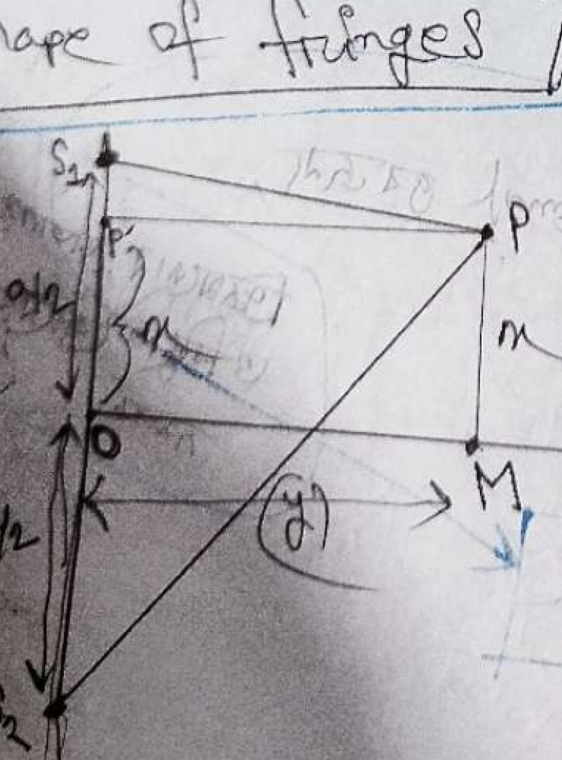
→ মধ্যবর্তী দূরত্ব (চির দ্বয়ের) (a)

Relation between, (a, b, α, μ)

Shape of fringes

কোনো আকার বললে, a, x, y এর আকারে দেখাতে হবে,

Path difference



from fig-1, $S_1P' = S_1O - P'O$

$\Rightarrow S_1P' = \left(\frac{a}{2} - x\right)$ —— (i)

$\therefore S_2P' = S_2O + OP' = \left(\frac{a}{2} + x\right)$

$\Rightarrow S_2P' = \left(\frac{a}{2} + x\right)$ —— (ii)

Now, from triangle $(S_1P'P)$ the phythagorous formula,

$S_1P^2 = P'P^2 + S_1P'^2 = y^2 + \left(\frac{a}{2} - x\right)^2$ $\left[S_1P' = \left(\frac{a}{2} - x\right) \text{ from eq (i)}\right]$

$\Rightarrow S_1P = \sqrt{y^2 + \left(\frac{a}{2} - x\right)^2}$ —— (iii)

again, from triangle $(S_2P'P)$ the phythagorous formula,

$S_2P^2 = P'P^2 + S_2P'^2 = y^2 + \left(\frac{a}{2} + x\right)^2$ $\left[S_2P' = \left(\frac{a}{2} + x\right) \text{ from eq (ii)}\right]$

$\Rightarrow S_2P = \sqrt{\left(\frac{a}{2} + x\right)^2 + y^2}$ —— (iv)

$\therefore$ path difference $= S_2P - S_1P = \Delta$

$= \sqrt{\left(\frac{a}{2} + x\right)^2 + y^2} - \sqrt{\left(\frac{a}{2} - x\right)^2 + y^2}$

$\therefore$ Phase difference,

$\Delta = S_2P - S_1P = \sqrt{\left(\frac{a}{2}+x\right)^2+y^2} - \sqrt{\left(\frac{a}{2}-x\right)^2+y^2}$

$\Rightarrow \left(\Delta + \sqrt{\left(\frac{a}{2}-x\right)^2+y^2}\right)^2 = \left(\sqrt{\left(\frac{a}{2}+x\right)^2+y^2}\right)^2$

$\Rightarrow \Delta^2 + 2\cdot\Delta\cdot\sqrt{\left(\frac{a}{2}-x\right)^2+y^2} + \left\{\sqrt{\left(\frac{a}{2}-x\right)^2+y^2}\right\}^2 = \left(\frac{a}{2}+x\right)^2+y^2$

$\Rightarrow \left(\frac{a}{2}+x\right)^2 - \left(\frac{a}{2}-x\right)^2 + y^2 - y^2 - \Delta^2 = 2\Delta\sqrt{\left(\frac{a}{2}-x\right)^2+y^2}$

$\Rightarrow \left(\frac{a}{2}+x+\frac{a}{2}-x\right)\cdot\left(\cancel{\frac{a}{2}}+x-\cancel{\frac{a}{2}}+x\right) - \Delta^2 = 2\Delta\sqrt{\left(\frac{a}{2}-x\right)^2+y^2}$

$\Rightarrow 2ax - \Delta^2 = 2\Delta\sqrt{\left(\frac{a}{2}-x\right)^2+y^2}$

$\Rightarrow (2ax - \Delta^2)^2 = 4\Delta^2\left\{\left(\frac{a}{2}-x\right)^2+y^2\right\}$

$\Rightarrow 4a^2x^2 - 4ax\Delta^2 + \Delta^4 = 4\Delta^2\left\{\frac{a^2}{4} - ax + x^2 + y^2\right\}$

$\Rightarrow 4a^2x^2 - \cancel{4ax\Delta^2} + \Delta^4 = \Delta^2a^2 - \cancel{4ax\Delta^2} + 4x^2\Delta^2 + 4\Delta^2y^2$

$\Rightarrow 4a^2x^2 + \Delta^4 = \Delta^2a^2 + 4x^2\Delta^2 + 4\Delta^2y^2$

$4a^2x^2 - 4x^2\Delta^2 - 4\Delta^2y^2 = \Delta^2a^2 - \Delta^4$

$\Rightarrow 4x^2(a^2-\Delta^2) - 4\Delta^2y^2 = \Delta^2(a^2-\Delta^2)$

$$\Rightarrow \frac{4x^2(a^2-\Delta^2)}{\Delta^2(a^2-\Delta^2)} - \frac{4\Delta^2 y^2}{\Delta^2(a^2-\Delta^2)} = 1$$

$$\Rightarrow \frac{4x^2}{\Delta^2} - \frac{4y^2}{(a^2-\Delta^2)} = 1$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{x^2}{\frac{\Delta^2}{4}} - \frac{y^2}{\frac{(a^2-\Delta^2)}{4}} = 1}$$

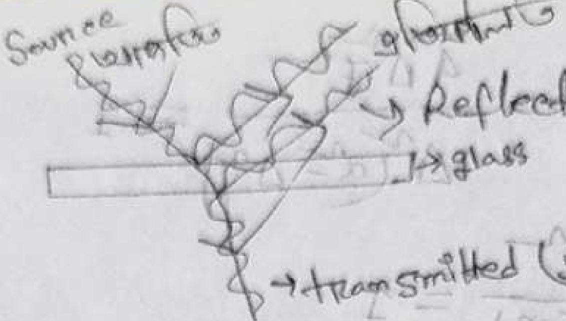
⇒ "Shape of fringes is looks like a hyperbolic equation"

Amplitude splitting Interferometer | বিস্তার বিভাজন ইন্টারফেরোমিটার

Interferometer হলো এক ধরনের যন্ত্র যেটির সাহায্যে মূলত একটি আলোকে অনেক দুই বা তার অধিক উৎসে রূপান্তর করে আলোর প্রকৃতি ব্যতিচার ঘটায়। এই যন্ত্রকেই Interferometer বলে।

Short এ: মূলত একটি আলোক উৎসকে Interferometer একাধিক আলোক উৎস বানায় যাদের দশা, বিস্তার ও দশা পার্থক্য সমান এবং তারা নিজেরা মিলেই আলোর ব্যতিচার ঘটায়।

longcut 11:



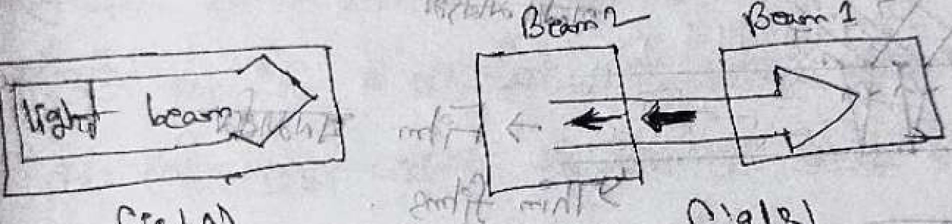
Suppose that light wave is incident (আপতিত) on sheet of glass. Part of the wave is transmitted (প্রতিসৃত). Both the transmitted (প্রতিসৃত) & reflected (প্রতিফলিত) waves have lower amplitude then the orginal one (source). it can be said that the amplitude has been split (বিভক্ত). If the two separate waves could be brought together again at a detector (interferometer) interference would result. as long as the orginal coherence (একই দশা ও বিস্তার থাকে এমন দুই বা অধিক ওয়েভের) between two had not been destroyed if the path length difference (পথ পার্থক্য) by distance greater than that of the wave group (তরঙ্গ সমূহ) the portion reunited at the detector would

Corrrospond to different wave group

→ ভেতর বাহির → প্রতিফলন

Enternal & External Reflection

Suppose a ligh beam is propagating through dose homogenous such as glass when the block of glass fig(1) is cut and parted the light is reflected backward the two new interference.



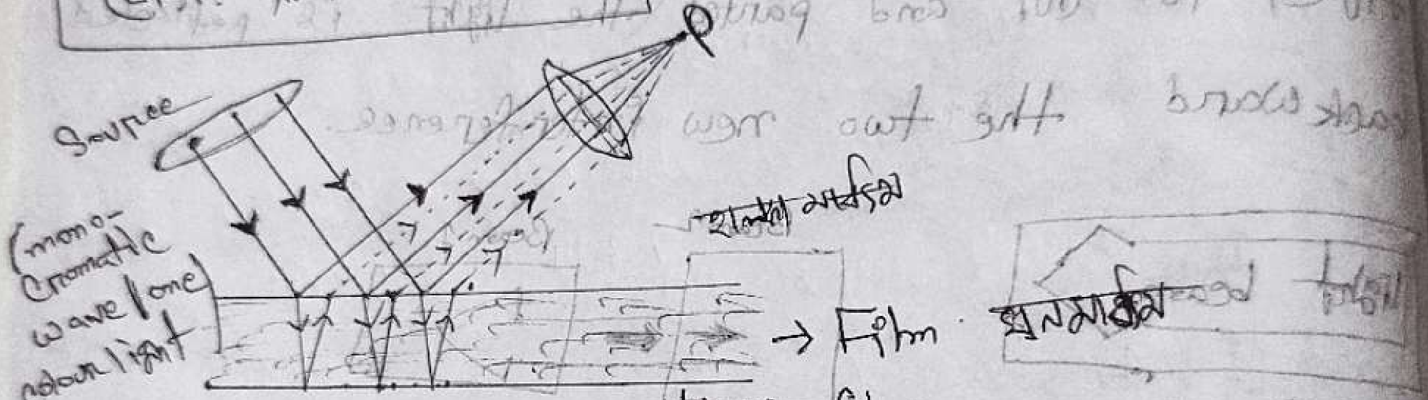
fig(1) fig(2)

Beam(1) reflect off the right hand block and because light was a initially travelling from a less to more optically dencity medium (হালকা মাধ্যম হতে ঘন মাধ্যম) so this is called external reflection. Another words, the index of the incident medium (আপতিত মাধ্যম) হালকা মাধ্যম is less then index of the transmitted (প্রতিসৃত মাধ্যম) medium (ঘন মাধ্যম)

There will be 180° relative phase shift ~~internally~~ internally and externally reflected light.

Fringes of equal inclination (Haidinger fringes)

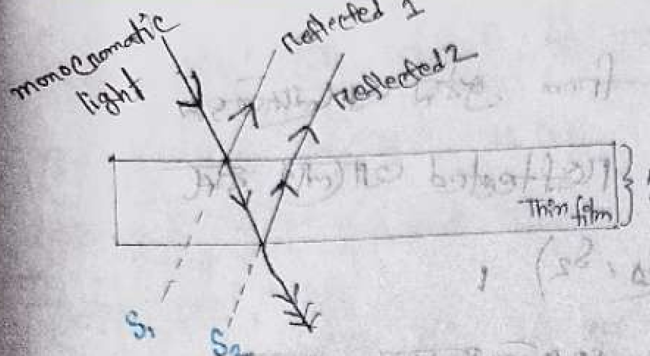
ভোরার সমান বাঁক



চিত্রে source হতে আলো হালকা to ঘন মাধ্যমে প্রবেশ করে ফলে আলো অভিলম্বের কাছে আসে। আবার যখন ঘন থেকে হালকা মাধ্যমে যায় তখন অভিলম্ব হতে দূরে সরে যায়।

* Thin films এর পুরুত্ব প্রায় wave length (λ) এর দৈর্ঘ্যের সমান হয় (λ) এর বেশি হলে হবে না,

* ~~Soap~~ Soap bubble এর মধ্যে আলো পড়লে ৭টি colour দেখা যায় কারণ soap bubble ও sunlight পড়ে ৭টি thin film এর মধ্যে monocromative light ~~wave length~~ যা এক বর্ণের আলো বিশ্লেষণ করা হয়।



এখানে কাচের মধ্যে যখন ~~mono~~ monocromatic light প্র-ফেলানো হয় তখন

ব্যাখ্যা॥ যখন monocromatic light সমান্তরাল thin film এর মধ্যে আপতিত হয় তখন খুব অল্পপরিমাণ আলোই প্রতিফলিত হয় এবং বেশির ভাগ পরিমাণ আলো thin film এর অভ্যন্তরে প্রবেশ করে। আবার সেই thin film এ প্রবেশ~~কা~~কারী আলোর অল্প পরিমাণ প্রতিফলিত হয় এবং বেশির ভাগ আলোই thin film এর বাহিরে চলে যায়।

বি.দ্রঃ Thin film এর মধ্যে আলো প্রবেশ করে অনেক শক্তি নিয়ে but প্রতিফলিত হয় দুর্বল শক্তি নিয়ে। তাই equation solve করার জন্য দুটি প্রতিফলিত আলো নেয়া হয়, কারণ প্রতিফলিত আলোর শক্তি ক্রমান্বয়ে কমতে থাকে।

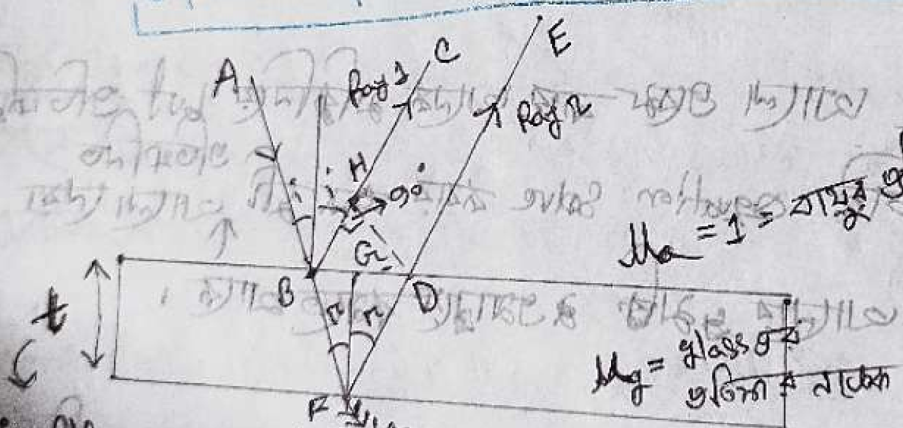
After two reflection, the intensity of reflected rays শক্তি কমতে থাকে।

Therefore, we consider the first two reflected rays only.

These two rays are come from একটি আলোকউৎস কিন্তু thin film এর কারণে দুটি reflected আলোর জন্য দুটি Source দেখানো হয়েছে (S_1, S_2) ।

Since দুটি coherent sources অর্থাৎ ~~তাদের সমকালে~~, আলো দুটির কম্পাঙ্ক, দশা, তরঙ্গ দৈর্ঘ্য এবং দশাপার্থক্য সমান থাকার কারণে তাদের মধ্যে Interference বা আলোর ব্যতিচার দেখা যাবে ।

Optical path difference of thin film



Thin film এর বেধ (Thickness)

চিত্রে A থেকে B তে আলো আপতিত হয় BC তে প্রতিফলিত হয় আবার BF এ প্রতিসরিত হয়। FD ও DE তে প্রতিফলিত হয় FK দিয়ে অবিক্ষিপ্যমান আলো চলে যায় ।

চিত্রে, HD হলো পরস্পর লম্ব যেখানে H, BC রেখার সাথে 90° এ আছে এবং HC ও DE প্রতিফলিত আলো H ও D বিন্দু থেকে শুরু হলেই দুটি coherent source হিসাবে act হবে এবং interference তৈরী হবে।

∴ চিত্রে DE রশ্মি BF ও FD অংশ থেকে শুরু হয়েছে এবং HC রশ্মির BH অংশ থেকে।

∴ source দুটোর মধ্যে "optical path difference" হবে,

$$\Delta_a = \mu_g(BF+FD) - \mu_a(BH)$$

$$\therefore \Delta_a = \mu_g(BF+FD) - BH \text{ ---- (i)} \quad [\mu_a = 1]$$

ΔBFD তে যেহেতু FG লম্ব দিয়ে সমান ভাবে বিভক্ত করা হয়েছে এবং r কোণ দ্বারা বিভক্ত তাই এখানে, $(BF = FD)$

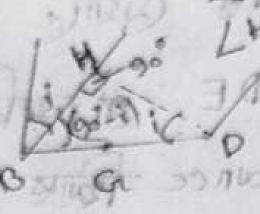
$$\therefore \Delta BFG \text{ হতে}, \cos(r) = \frac{FG}{BF} = \frac{t}{BF} \quad \left[FG = t = \text{thikness of thin film}\right]$$

$$\Rightarrow BF = \frac{t}{\cos(r)}$$

$\therefore BF = FD$

তাই $BF + FD = \dfrac{2t}{\cos(r)}$ ---- (ii)

যেহেতু $BG \perp GD$



$\angle B = 90° - i$, $\angle D = i$

$\angle H = 90°$

$90 - i + 90 + i = 180$ = তিন কোণের সমষ্টি

$\Rightarrow BD = 2BG$

ΔBGF হতে, $\tan(r) = \frac{BG}{FG}$

$\Rightarrow BG = t \cdot \tan(r)$ $[FG = t]$

$\therefore BD = 2BG = 2t \cdot \tan(r)$

$\therefore$ ΔBHD হতে পাই, $\sin(i) = \frac{BH}{BD} \Rightarrow BH = BD \cdot \sin(i)$

$\Rightarrow BH = 2t \cdot \tan r \cdot \sin i$ —— (iii)

$\therefore$ স্নেলের সূত্র হতে পাই,

$\mu_g = \frac{\mu g}{\mu a} = \frac{\sin i}{\sin r} \Rightarrow \frac{\sin i}{\sin r} = \mu g$

$\Rightarrow \sin(i) = \mu g \cdot \sin r$ —— (iv)

(iv) এর মান (iii) নং এ বসিয়ে পাই

$\Rightarrow BH = 2t \cdot \tan(r) \, \mu g \sin r$

$$\Rightarrow BH = 2t \cdot \frac{\sin r}{\cos r} \cdot \sin r \cdot \mu_g = 2t \frac{\sin^2 r}{\cos r} \mu_g \quad \text{—(v)}$$

(ii) ও (v) এর মান (i) নং এ বসিয়ে পাই,

$$\Delta_a = \mu_g \left(\frac{2t}{\cos r}\right) - 2t \frac{\sin^2 r}{\cos r} \cdot \mu_g$$

$$= \frac{2t\,\mu_g}{\cos r}\left(1 - \sin^2 r\right)$$

$$= \frac{2t\,\mu_g \cdot \cos^2 r}{\cos r} = 2t\,\mu_g \cos r$$

$$\Rightarrow \boxed{\Delta_a = 2t\,\mu_g \cos(r)}$$ → Optical Path difference

(Haidinger) Thin films

For Bright fringes interference (maxima)

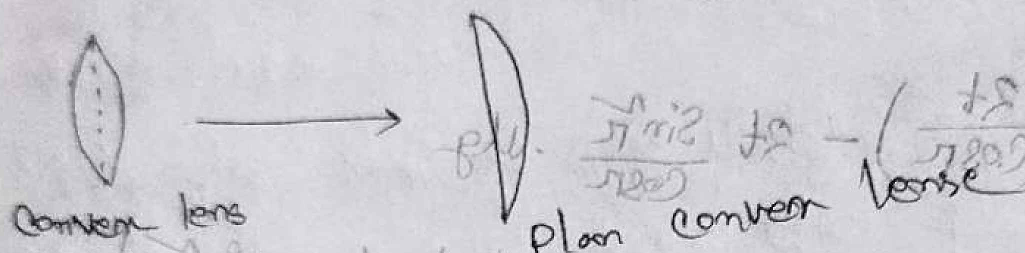
$$2\mu_g t \cos(r) = (2m+1)\frac{\lambda}{2}, \quad m = 0, 1, 2 \ldots$$

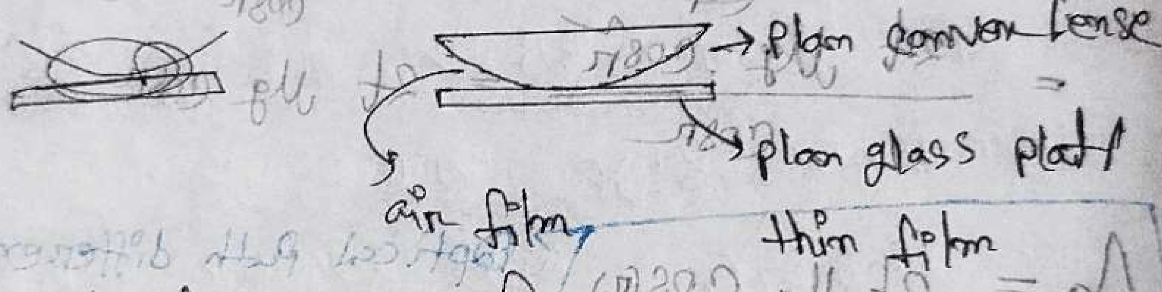
For Dark fringes interference (minima)

$$2\mu_g t \cos(r) = 2m \cdot \frac{\lambda}{2}$$

$m = 0, 1, 2 \ldots$

Newton's Rings





thin film

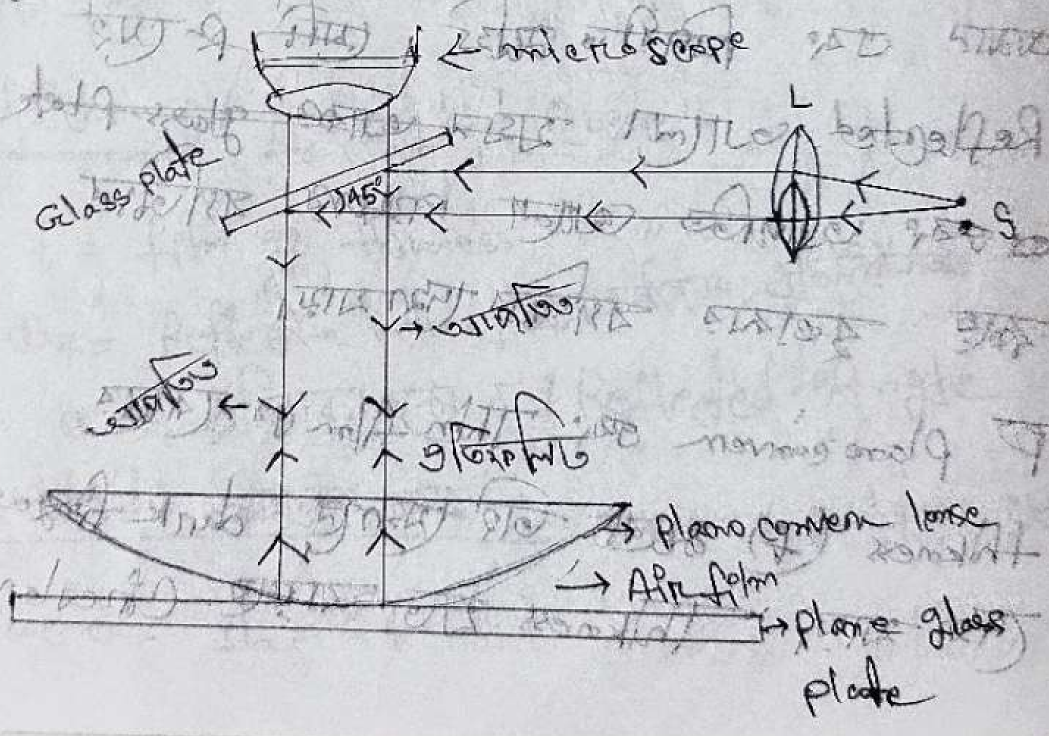
newtons experiment এ মূলত একটি lense থাকে যেখানে উত্তল লেন্স কে লম্বা লম্বি ভাবে আর্ধেক কাটা হয় এবং সেটিকে একটি Thin film এর উপর রাখা হয় তবে monocromatic light ফেলে আলোর ব্যতিচার করানো হয় যার কারণে একটি circular patern light পাওয়া যায়।

Newton's rings is a phenomenon (ঘটনা) in which ~~an~~ interference (ব্যতিচার) pattern is created by the reflection (প্রতিফলন) of light between two surfaces, And the surfaces are

(1) spherical surfaces | plan convex lense.

(2) Thin film | ~~fla~~ flat surfaces.

Newtons Rings, Experimental Arrangement

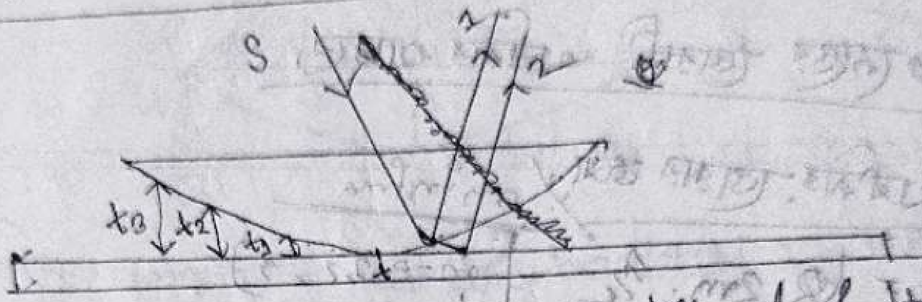


ব্যাখ্যা: একটি Monochromatic light কে Source হতে L লেন্সে ফেলানো হলো সেখান থেকে একটি আলোর দুটি source হিসাবে glass সমান্তরাল ভাবে glass plate এ পড়বে, glass plate হতে আবার সমান্তরাল ভাবে আলো গুলো plano convex lense এ পড়বে এবং যেটি ভেদকারী air film ও plan glass plate এত আলো পরে আবার প্রতিফলিত হবে, অর্থাৎ আপাতন কোণ ও প্রতিফলন কোন সমান এবং বিপরীত মুখী। যেটি R সেই Reflected আলো যখন ~~আবার glass plate এ~~ এবং আপতিত আলো পরস্পর ব্যতিচার করে বৃত্তাকার ব্যতিচার দেখা যায়।

P plano convex এর Thin film এর কেন্দ্রের thikness (t) শূন্য তাই সেখানে dark fringes দেখা যায়। Thikness যত বাড়বে Circular

Shape বা fringes এর ব্যাস তত বৃদ্ধি পাবে।

Haidinger fringes | Thin film । হতে আমরা পাই



চিত্রে Newton's Rings এর জন্য Path different & Haidinger এর Thin film এর path difference same তাই বলা যায় যে,

Path difference || $\Delta_a = 2\mu_g t \cos r$

এখানে, t = film এর thikness
μ_g = Reflective index | ~~মাধ্যমের~~ প্রতিসরাঙ্ক
r = প্রতিফলন কোণ || Reflected Angle.

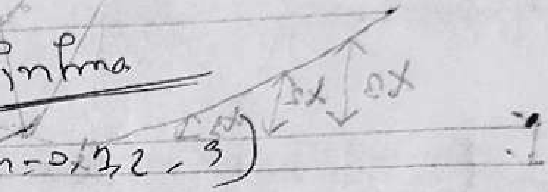
Normal আপতিত আলোর জন্য | $\cos r = 1$, $\mu_g = 1$ হলে

Path difference, $\Delta_a = 2t$

ব্যতিক্রম //

Newtons Rings এর মধ্যে minima থাকে Dark fringes এবং maxima থাকে Bright fringes এর জন্য।

∴ // ও কেন্দ্রের জোরালো অন্ধকার থাকবে। ?



∴ অন্ধকার জোরার জন্য / minima

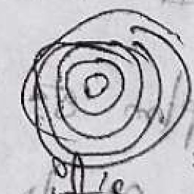
$$2t = 2m \cdot \frac{\lambda}{2} \quad [m = 0, 1, 2, 3]$$

উজ্জ্বল জোরার জন্য / maxima

$$2t = (2m-1)\frac{\lambda}{2} \quad [m = 0, 1, 2 \ldots]$$

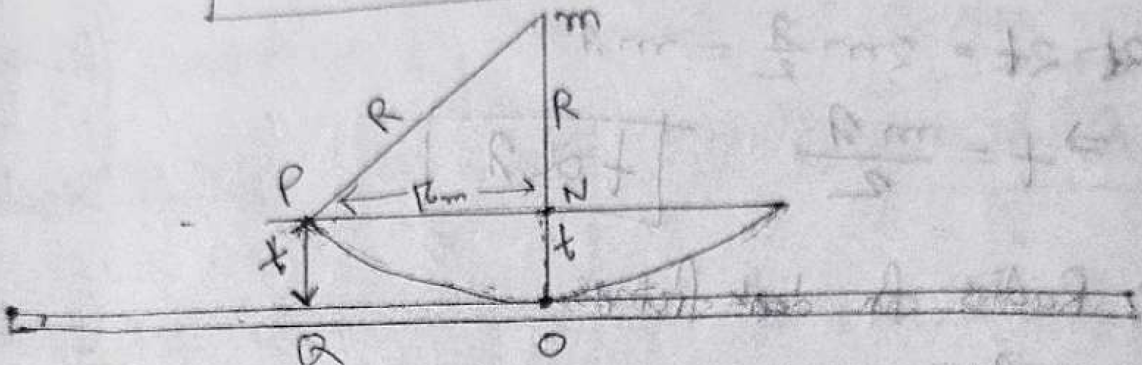
কেন fringes circular হয়

The thickness of air film at the point of কেন্দ্রীয় বলয় is zero, and it's increase as we move outward.



যেহেতু Plan convex lence টা বৃত্তাকার এবং এর সম thickness ও ~~change~~ বৃদ্ধি পায় তাই বিভিন্ন বিভিন্ন Radius এর Circular fringes পাওয়া যায়।

Radius of Dark fringes



ধরি, চিত্রে, Length of ~~cef~~ Curvature/বক্র লেন্সের বক্রতার দৈর্ঘ্য $= R$, $MO = PM = R$, $PQ = NO = t$,

m তম অন্ধকার ঝালরের ব্যাসার্ধ, $r_m = PN$.

$\therefore$ In ΔPNm, পিথাগোরাসের সূত্র হতে,

$$PM^2 = MN^2 + PN^2$$

$$\Rightarrow R^2 = (R-t)^2 + r_m^2 = R^2 - 2Rt + t^2 + r_m^2$$

$$\Rightarrow r_m^2 = 2Rt - t^2$$

$R \ggg t$, $2Rt \gg t^2$

$$\therefore r_m^2 \approx 2Rt$$

∴ Condition for dark fringes, we know,

$$\Rightarrow 2t = 2m\frac{\lambda}{2} = m\lambda$$

$$\Rightarrow t = \frac{m\lambda}{2} \qquad \boxed{t \propto \lambda}$$

∴ Radius for dark fringes,

$$r_m^2 = 2Rt = 2R\frac{m\lambda}{2}$$

$$\Rightarrow r_m = \sqrt{m\lambda R} \;;\; m = 1, 2, 3 \ldots$$

∴ Radius of dark fringes can be found by,

$m = 1, 2, 3$

$$r_1 = \sqrt{\lambda R}$$

$$r_2 = \sqrt{2\lambda R}$$

$$r_3 = \sqrt{3\lambda R}$$

$$\therefore \boxed{r_m \propto \sqrt{\lambda}}$$

∴ Thus, the radius of mth dark ring is proportional to under root of wavelength.

অর্থাৎ, যদি thikness বাড়াই তাহলে wavelength বাড়ে,

($t \propto \lambda$) আবার যদি wavelength বাড়ে তাহলে

dark fringes এর radius ও বাড়বে। $\boxed{r_m \propto \sqrt{\lambda}}$

∴ Ring diameter / ব্যাস

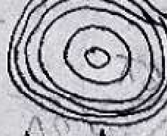
$$D_m = 2r_m = 2\sqrt{m\lambda R}$$

$$\therefore D_1 = 2\sqrt{\lambda R} = 2(1.4)\sqrt{\lambda R}$$

$$D_2 = 2\sqrt{2\lambda R} = 2(1.7)\sqrt{\lambda R}$$

$$D_3 = 2\sqrt{3\lambda R} = 2(2)\sqrt{\lambda R}$$

অর্থাৎ, প্রথম প্রথম fringes এর মাঝে gap বেশি থাকবে but আস্তে আস্তে fringes এর মধ্যে দরকার gap গুলো কমতে থাকবে।



The rings get closer and closer as m increase. This is why the rings are not evenly spaced.

Newton Ring এর center point Dark কেন?

আমরা জানি,

সমবিন্দু উজ্জ্বল রেখার জন্য Path difference

$\Delta = 2m\frac{\lambda}{2}$; অর্থাৎ $\frac{\lambda}{2}$ এর জোড় গুণিতক

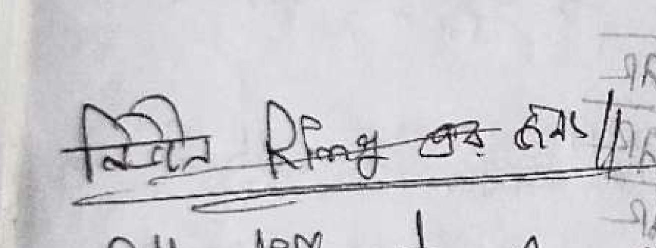
অন্ধকার রেখার জন্য Path difference,

$\Delta = (2m-1)\frac{\lambda}{2}$; অর্থাৎ $\lambda/2$ এর বিজোড় গুণিতক

নিউটন Ring এর ক্ষেত্রে

Path different, $\Delta = 2\mu t\cos r \pm \lambda/2$

এখানে ($\lambda/2$) এসেছে কারণ, আলো যখন হালকা থেকে ঘনমাধ্যমে প্রতিফলিত হয় তখন তার দশার মধ্যে ($\pi = 180$) Change হয়ে যায়



π পরিমাণ দশা পরিবর্তন মানে $\lambda/2$ পরিমাণ পথের পরিবর্তন,

$\therefore$ Path difference, $\Delta = 2\mu t \cos r \pm \lambda/2$

Newton Rings এর কেন্দ্রে thickness between thin film & plano convex lens is $(t = 0)$

$\therefore \Delta = 2 \times \mu \times 0 \times \cos r \pm \lambda/2$

$\Rightarrow \Delta = \pm \lambda/2 = \pm 1 \cdot \lambda/2$

এখানে Path difference $(\lambda/2)$ টি, বেজোড় সংখ্যা(1) এর গুণিতক, আমরা জানি, Path difference যদি $\lambda/2$ এর বিজোড় গুণিতক হয় তাহলে সেখানে Dark fringes দেখা যায়।

সুতরাং বলা যেতে পারে যে,

$\boxed{\text{Newton Rings এর কেন্দ্রে Dark fringes ই দেখা যায়।}}$

Thin film এর Center point Dark হয়।

Thin film না হলে Center point bright হয়।

Michelson Interferometer।

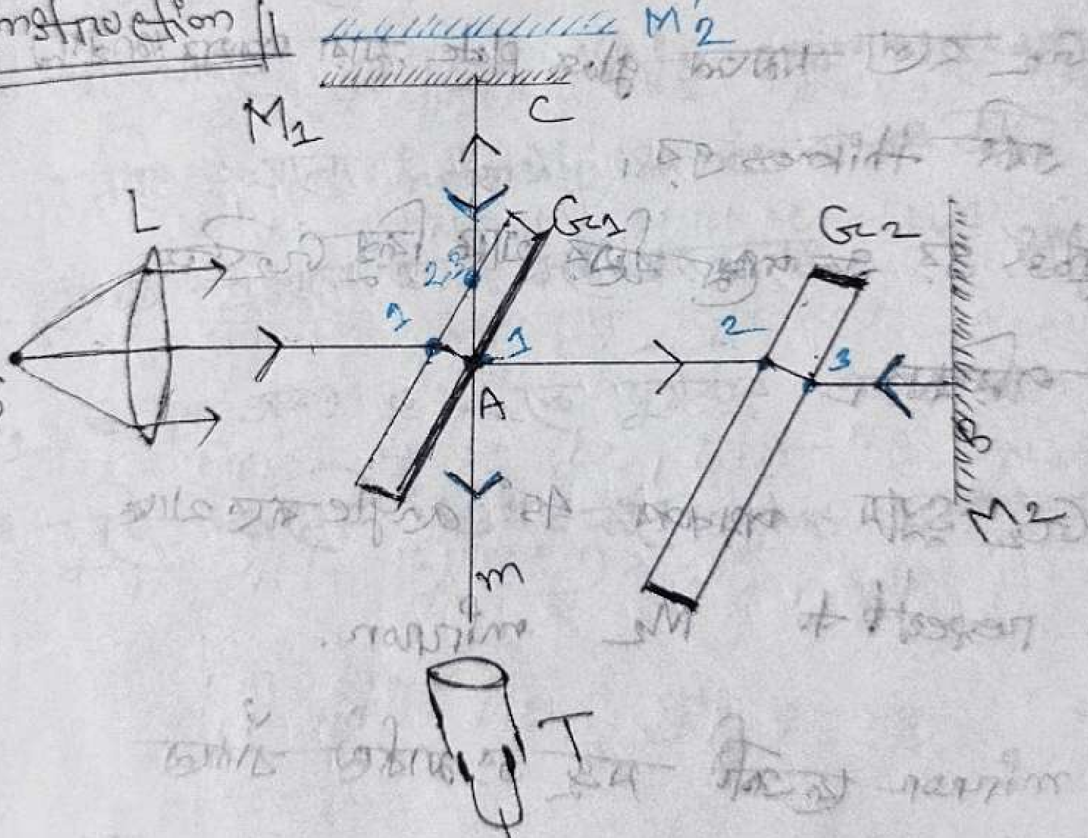
Michelson interferometer is an instrument (যন্ত্র) in which the phenomenon (ঘটনা) of interference (ব্যতিচার) is used to make presise measurement of wavelengths, refractive index and distance,

এই michelson interferometer হলো একটি যন্ত্র যার ~~সাহায্যে~~ যার মাধ্যমে আমরা আলোর ব্যতিচার হলে সেই আলোর দোষা গুচ্ছ, আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য ইত্যাদি নিখুঁত ভাবে নির্ণয় করতে পারবো।

Principle॥ In michelson interferometer, একটি monochromatic wavelength এর আলো প্রবাহে ~~একটি উৎস হতে~~ ~~একই সেই আলোর দুটি সমান~~

সমান ভাগে ভাগ হয়ে একটি ~~প্রতিফলিত~~ প্রতিফলিত ও আরেকটি প্রতিসৃত হয়ে কিছু পথ অতিক্রম করে আবার একসাথে মিলিত হয়ে আলোর ব্যতিচার ঘটায়, যার কারণে যেখানে বৃত্তাকার ডোরা (circular fringes) দেখা যায়।

Construction ||

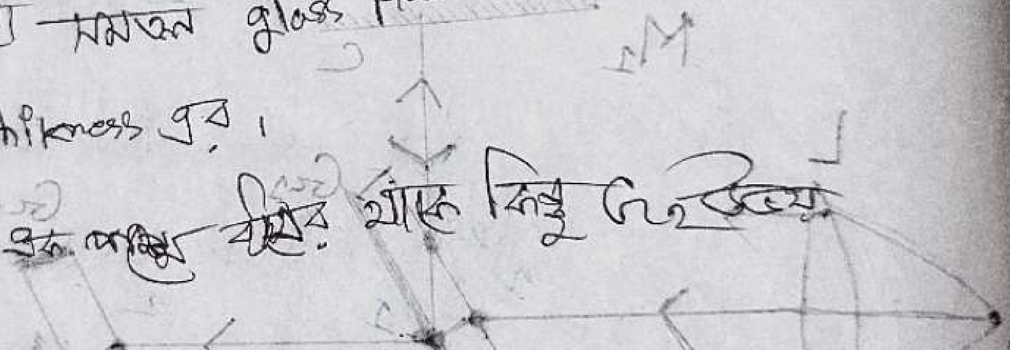


ব্যাখ্যা:

নিচের মধ্যে S (source) হতে একটি monochromatic wave length এর আলো G_1 glass এ পড়ে। G_1, G_2 দুইটি glass ~~সমান~~ যাদের thickness সমান এবং M_1, M_2 দুটি mirror যেখানে আলো আপতিত হয়ে আবার প্রতিফলিত হয়। G_1 এর ~~এক পাশে~~

G_1, G_2 হলো সমতল glass plate, যারা পরস্পর সমান্তরাল এবং একই thikness এর।

G_1 glass এর এক পাশে রূপার প্রলেপ থাকে কিন্তু G_2 উভয় পাশ পরিষ্কার।



G_1 ও G_2 স্লাব পরস্পর 45° angle করে থাকে with respect to M_2 mirror.

M_1 mirror কে একটি ~~স্ক্রু এর মাধ্যমে বাঁকানো~~ যেতে পারে যেতে যার fringes এর অবস্থান change হয়।

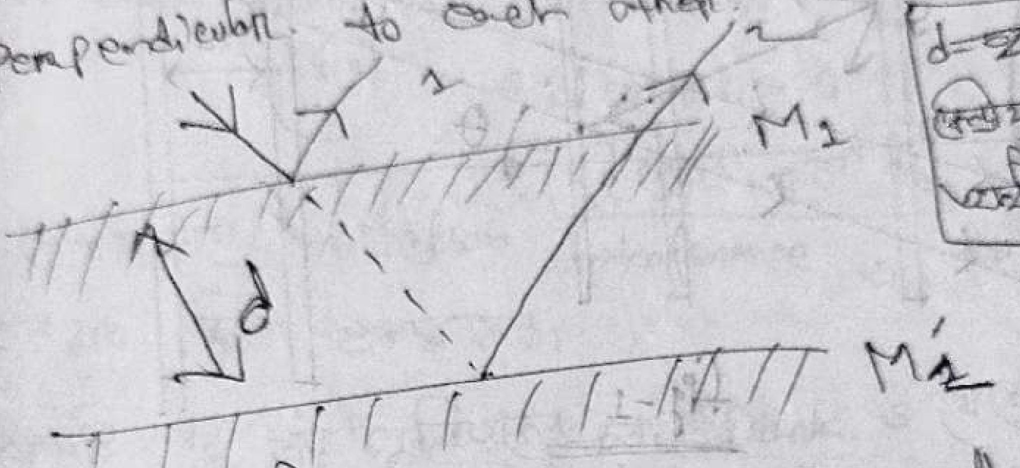
আলোর Interferometer মধ্যে (T) telescope দিয়ে দেখা যায়, যাতে ~~স্পষ্ট করে~~ ~~বুঝা~~ বুঝা যায় যে আলোর ব্যতিচার হয়।

এখানে G_1 glass এর সাথে G_2 glass ও ~~লাগানো হয় কারণ,~~ ~~দুটি~~ আলো M_1 ~~glass~~ mirror এ যায় যেটি G_1 কে G_1 অর্থাৎ ~~তিনবার কাঁচের মধ্যে~~ মধ্যে প্রবাহিত হয় but G_2 glass না থাকলে ২য় 2nd light ও একবার কাঁচের মধ্যে ~~তাই~~ ~~দুটির~~ আলো Intensity same রাখার জন্য G_2 glass লাগানো হয় একে এতে করে, 2nd আলো G_1 G_2 ও একবার ও G_2 তে দুইবার প্রবেশ করে। এতে করে দুটো আলোই ৩ বার করে glass এ ভেদ করে।

অবশেষে M_1 ও M_2 হতে দুটি আলো পুনঃ Reflected হয়ে A বিন্দুতে মিলিত হয়ে Teliscope এ পড়ে তবং যেহেতু আলোর ব্যতিচার হয়।

বিশ্লেষণ আলোর ব্যতিচার হওয়ার পর যখন আমরা Teliscope এর মধ্যে দেখি, তখন দেখা যায় যে M_1 mirror এর সাথে সমান্তরালে M_2' mirror দেখা যায় যেটা কিনা M_2 ভিন্ন mirror এর ছবি, তবং এই দুই mirror পরস্পর সমান্তরালে থাকে, এবং এদের মাঝে Air gap থাকে যার কারণে এটি Thin film হিসাবে কাজ করে।

Circular fringes are produced with monochromatic light when the mirrors M_1 and M_2 are exactly perpendicular to each other.



d = Zero হলে কেন্দ্রীয় স্থান অন্ধকার হবে।

ব্যাখ্যা: ধরি, Thin film এর জন্য path difference

The total path difference between the two light is given by,

$\Delta_a = 2d\cos\theta$

$M_2 M_1$ এর distance d

উজ্জ্বল ডোরার জন্য, constructive interference.

$$(2m+1)\frac{\lambda}{2} = 2d\cos\theta$$

অন্ধকার ডোরার জন্য, destructive interference.

$$2m\frac{\lambda}{2} = 2d\cos\theta$$

Telescope এর Angle ↑ হবে।

θ = Angle of observation

পর্যবেক্ষণ কোণ

Formation of the fringes pattern for Michelson

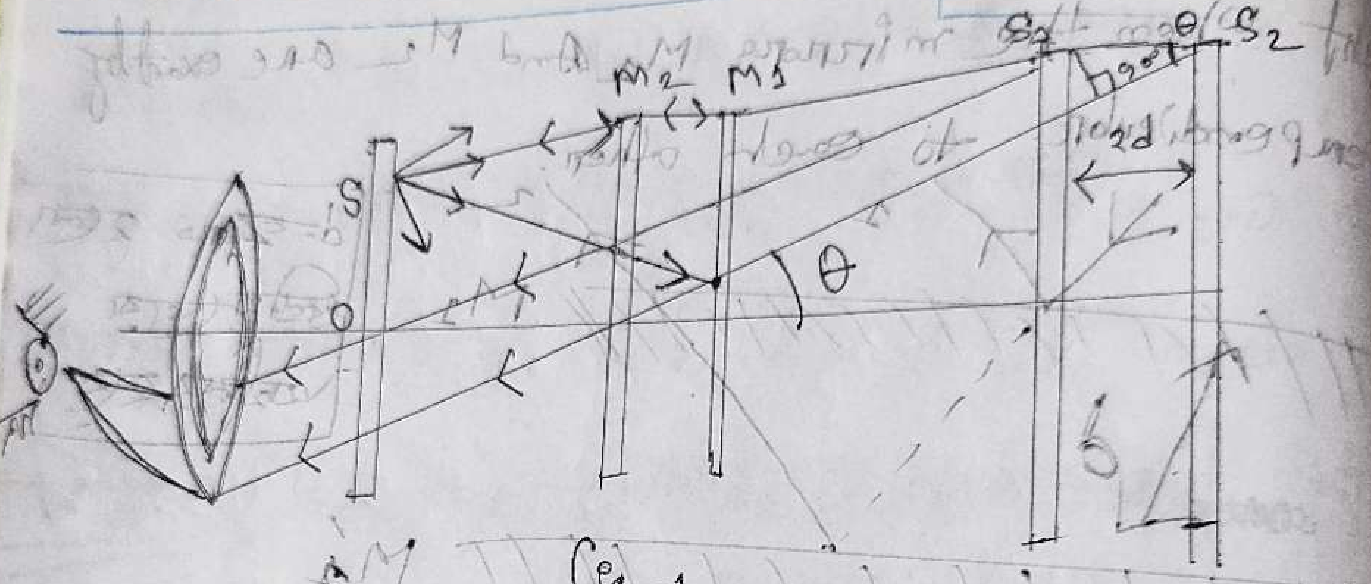


fig-1

According to the above fig-1, (S_1), (S_2) are two virtual coherent sources generating from a single source (S). Mirror $(M_1)(M_2)$ all ray's in the the same axis.

from the figer, optical path difference

$$\Delta_a = 2d\cos\theta \pm \lambda/2 \quad \boxed{\text{When } \mu_g = 1}$$

∴ For bright fringes, $2d\cos\theta + \lambda/2 = m\lambda$
(+ve) $\Rightarrow \boxed{2d\cos\theta = (2m - 1)\lambda/2}$

For Dark fringes, $2d\cos\theta \mp \lambda/2 = (2m - 1)\lambda/2$
(−ve) $\Rightarrow 2d\cos\theta = m\lambda - \lambda/2 + \lambda/2$
$\Rightarrow \boxed{2d\cos\theta = 2m\,\lambda/2}$

∴ দেখা যায় যে, michelson interference এ path difference তরঙ্গ দৈর্ঘ্য ভিন্নতা প্রকাশ করে।
অর্থাৎ $\lambda/2$ এর ব্যতিচারের জন্য Dark ও যেকোন সুনির্দিষ্টকরণের জন্য Bright fringes পাওয়া যায়।
(Proved)

MATH
consider the circular pattern of the Haidinger's frings resulting from a film with a thikness of (2mm) and an index of refraction of (1.5) For a monochromatic Illumination of $\lambda = 600nm$ find the value of (m) for central fringe $\theta = 0°$ Dark or bright

$\therefore$ here we have, $d = 2mm = \frac{1}{500} m$

$\mu = 1.5$, $\lambda_0 = 6000 nm = \frac{3}{500000} m$

$\theta = 0°$

$\therefore$ for ~~dark~~ bright fringes,

$2d\mu\cos\theta = (2m - 1)\frac{\lambda}{2} = (m - \frac{1}{2})\lambda_0$

$\Rightarrow \frac{2d\mu\cos\theta}{\lambda_0} = m - \frac{1}{2}$

$\Rightarrow m = \frac{1}{2} + \frac{2d\mu\cos\theta}{\lambda_0} = \frac{1}{2} + \frac{2 \times \frac{1}{500} \times 1.5 \times 1}{\frac{3}{500000}}$

$= \frac{1}{2} + 1000$

$\therefore$ for Dark fringes

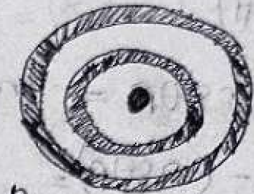
$2d\mu\cos\theta = 2m\frac{\lambda}{2}$

$\Rightarrow m = \frac{2 \times \frac{1}{500} \times 1 \times 1.5}{\frac{3}{500000}} = 1000$

$\therefore$ আমরা Dark fringes ও m = ১০০১ টি পাওয়া যাবে

উত্তর: Answer Dark fringes ২০২ ।

Angular Radius for of the p^{th} Ring

In the michelson interference
we know the condition for 
Dark fringes is, $2d\cos\theta = m\lambda$

At center $\theta = 0^\circ$, thus we can say, it has
highest order of fringe at the center.

There be m_0^{th} order fringe, ~~The for the~~
Then for first fringe the order will be
$(m_0-1)^{th}$ for 2nd fringe the order will be
$(m_0-2)^{th}$ for p^{th} fring the order will be
$(m_0-p)^{th}$.

At center, $\theta = 0^\circ$ so, $2d\cos 0^\circ = m_0\lambda$

$$\Rightarrow 2d = m_0\lambda \quad \text{— (1)}$$

∴ For p^{th} ring $2d\cos\theta_p = (m_0 - p)\lambda$ — (ii)

Now (i − ii)

$$2d - 2d\cos\theta_p = m_0\lambda - (m_0 - p)\lambda$$

$$\Rightarrow 2d(1-\cos\theta_p) = p\lambda \quad \text{— (iii)}$$

we know,

$$\cancel{2\cos^2\theta = 1+\cos 2\theta}$$

$$\cancel{\Rightarrow 2\cos^2\theta/2 = 1+\cos\theta}$$

$$\cancel{\Rightarrow \cos\theta = 1 - 2\cos^2\theta/2}$$

$$2\sin^2\frac{\theta_p}{2} = 1-\cos\theta_p \qquad \boxed{2\sin^2 A = 1-\cos 2A}$$

$$\Rightarrow 2\left(\frac{\theta_p}{2}\right)^2 = 1-\cos\theta_p$$

$$\Rightarrow \frac{\theta_p^2}{2} = 1-\cos\theta_p$$

আসলে খুব ছোট তাই

$$\sin\frac{\theta}{2}$$

$$\sin\frac{\theta_p}{2} \approx \frac{\theta_p}{2}$$

∴ (iii) নং সমান বসিয়ে,

$$\Rightarrow 2d(1-\cos\theta_p) = p\lambda$$

$$\Rightarrow \cancel{2}d\cdot\frac{\theta_p^2}{\cancel{2}} = p\lambda$$

$$\Rightarrow \boxed{\theta_p = \left(\frac{p\lambda}{d}\right)^{1/2}}$$

∴ Angular Radius for p^{th} ring

michelson interferometer দ্বারা wavelength নির্ণয়।

We know, $2d\cos\theta = m\lambda \quad (1) \Rightarrow \theta = \cos^{-1}\left(\frac{m\lambda}{2d}\right)$

This equation emplies that as (d) decrease so the fringes collapsed (নিমজ্জিত) at the center. (N) fringes are collapsed to the center moved by a distance (d_0) then the equation will be,

$$2(d-d_0)\cos\theta = (m-N)\lambda$$

if $\theta = 0$; $\cos\theta = 1$

so, $2(d-d_0) = (m-N)\lambda \Rightarrow 2d - 2d_0 = m\lambda - N\lambda$

$\Rightarrow 2d - 2d_0 = m\lambda - N\lambda$ $\left[\cos\theta = 1 \text{ হলে } (eq\text{-}1) \; 1 \times 2d = m\lambda \text{ হবে}\right]$

$\Rightarrow m\lambda - 2d_0 = m\lambda - N\lambda$

$\Rightarrow N\lambda = 2d_0$

$$\Rightarrow \boxed{\lambda = \frac{2d_0}{N}}$$

If a source of light consists of two different wave length (λ_1, λ_2), then two sets of fringes corresponding to the two wave length are produced in a Michelson interferometer.

Let m_1 & m_2 be the changes in the order of the centre of the field, so

$2d = m_1 \lambda_1 = m_2 \lambda_2$

If, $\lambda_1 > \lambda_2$, $m_2 > m_1$

Let, $\boxed{m_2 = m_1 + 1}$, then,

$2d = m_1 \lambda_1 = m_2 \lambda_2 = (m_1 + 1)\lambda_2$

$\therefore m_1 \lambda_1 = (m_1 + 1)\lambda_2 = m_1 \lambda_2 + \lambda_2$

$$\Rightarrow m_1(\lambda_1 - \lambda_2) = \lambda_2$$

$$\therefore m_1 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2}$$

Again, $2d = m_1\lambda_1 = \dfrac{\lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2} \cdot \lambda_1$

$$\Rightarrow \frac{2d(\lambda_1 - \lambda_2)}{\lambda_2\lambda_1} = 1 \Rightarrow 2d\left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1}\right) = 1$$

$$\Rightarrow \frac{2d}{\lambda_2} - \frac{2d}{\lambda_1} = 1$$

∴ যদি $\lambda_1 \approx \lambda_2$ ~~হয়~~ হয় তাহলে, λ

$$\frac{2d(\lambda_1 - \lambda_2)}{\lambda_2\lambda_1} = 1 \Rightarrow 2d = \frac{\lambda_2\lambda_1}{\lambda_1 - \lambda_2}$$

$$\Rightarrow 2d = \frac{\lambda^2}{\Delta\lambda}$$

$\left[\begin{array}{l} \lambda_2 \approx \lambda_1 \;\therefore \Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 \\ \lambda_2\lambda_1 = \lambda^2 \end{array}\right.$

$$\Rightarrow \boxed{\Delta\lambda = \frac{\lambda^2}{2d}}$$

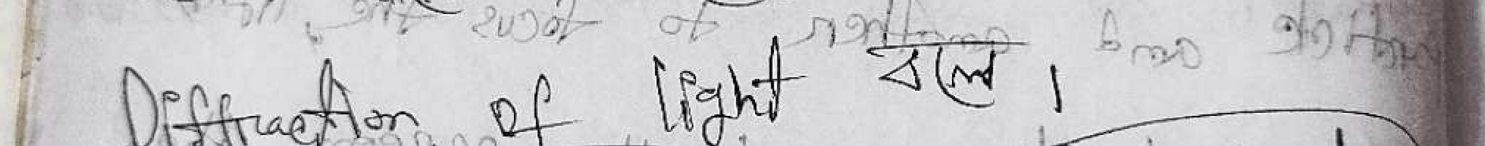
→ তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের পার্থক্য in michelson (Interferometer)

Diffraction / বিক্ষেপণ / অপবর্তন

When a plane wave incident on a long narrow slit, there is some intensity in geo-metrical shadow. this spreading out of a wave, when it passes through a narrow slit. is known the phenomenon of diffraction and the intensity distribution of the screen is known as the pattern of diffraction.

Fraunhofer diffraction] In this type of diffraction the source of light and the screen are effecting of infinite distance from the obstacle. Fraunhofer-diffraction pattern can be easily observed in the particle. The conditions required, for it is to achieve by two-cover hense to make the light from the source particle and another to focus the light after diffraction on to the screen, the incident wavefront is plane and also the secondary wavelengths which originate from the unblocked position of the wave front.

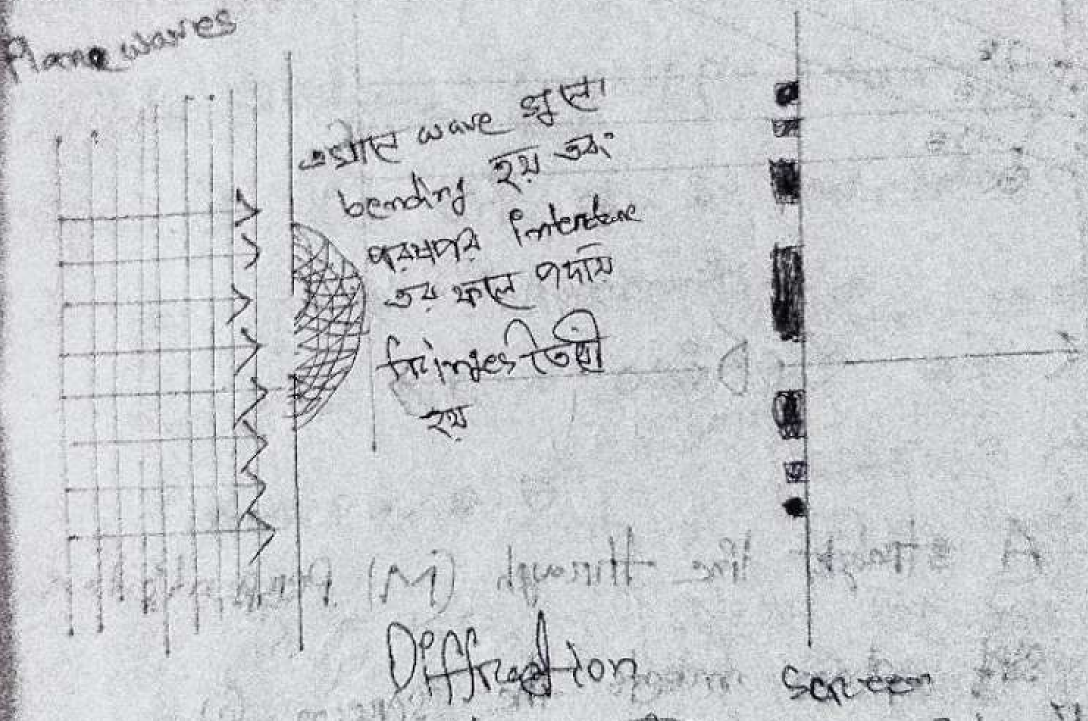
Diffraction : যখন একটি সমতল তরঙ্গ একটি লম্বা সরু ছিদ্রের মধ্যে দিয়ে প্রবেশ করে তখন আলোক তরঙ্গ ছিদ্র থেকে বের হয়ে সম্পূর্ণ সরল রেখা বরাবর না গিয়ে কিছু অংশ বেঁকে যায়, কিন্তু যদি ছিদ্রের দৈর্ঘ্য আলোক তরঙ্গদৈর্ঘ্যের চেয়ে কম হয়, তাহলে সেখানে আলোর ব্যতিচার হবে ফলে সেখানে পর্দায় ~~আলোর তরঙ্গের~~ তীব্রতার ~~হ্রাস~~ বোঝা দেখা যাবে। আলোর এই বেঁকে যাওয়ার ঘটনাকেই Diffraction of light বলে।

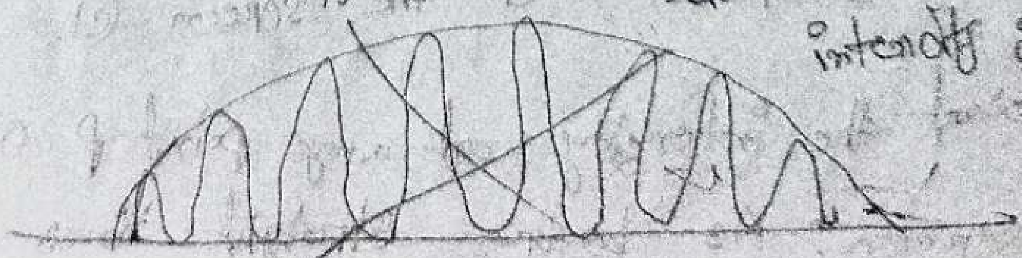


Interference এর ক্ষেত্রে fringes এর ~~~~ width সব সমান থাকে এবং প্রত্যেক fringes এর intensity same থাকে।

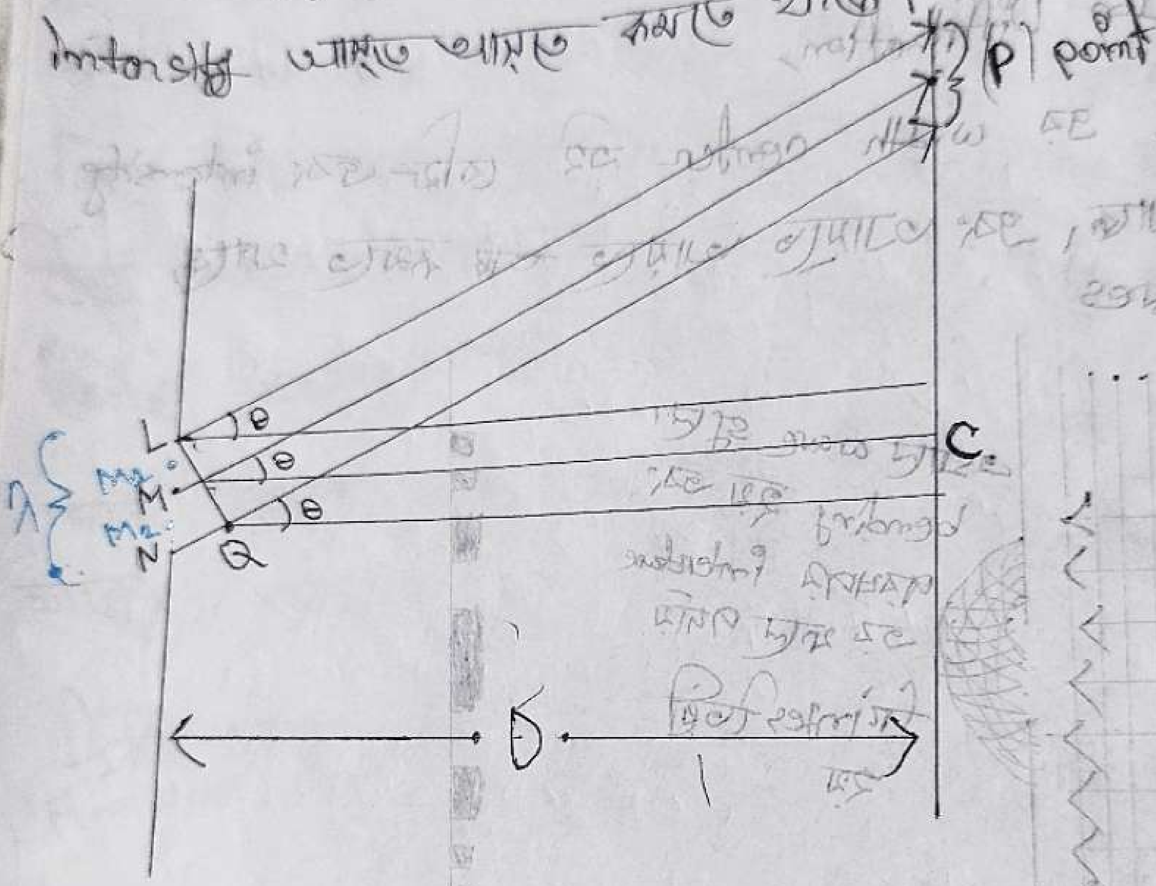
In Diffraction,

fringes এর width center এ বেশি এবং intensity বেশি থাকে, এবং আস্তে আস্তে তা কমতে থাকে





diffraction এর মধ্যে center fring width maximum এবং Intensity ও maximum হয়, এবং widthও আস্তে আস্তে Intensity আস্তে আস্তে কমতে থাকে।



ব্যাখ্যা// A straight line through (M) perpendicular to the slit plane meets the screen (C).

We want the intensity at any point P on the screen. As before, straight lines joining (P) to the different points. L, M, N etc can be treated as parallel, making an angle θ with the normal (MC)

আমরা জানি, Plan wave এর প্রত্যেকটি point এক-একটি secondary source হিসাবে কাজ করে যার ফলে এরা পরস্পর উপরিপাতন হয় এবং fringes দেখা যায়,

$\therefore$ path difference (NP−LP) between the two edges of the slit can be calculated exactly as for young's experiment,

$$NP - LP = NQ = a\sin\theta$$ → Young's এর মত এক্ষেত্রে করি,

$$\Rightarrow NP - LP = a\theta \qquad [\sin\theta \simeq \theta, \text{ when } \theta \text{ is small}]$$

$$\Rightarrow \lambda = a\theta$$ [slit এর প্রস্থ একটি তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সমান]

$$\Rightarrow \theta = \lambda/a$$

Similarly, if two points M_1 & M_2 in the slit plan are separated by (y).

the path difference will be $M_2P - M_1P = y\theta$

At the center point (C) on the screen, the angle θ is zero. All path difference are zero. যার কারণে এখন প্রবাহিত আলো maximum center (C) তে পায় এবং সেখানে maximum intensity পাওয়া যায়।

পরীক্ষা করে দেখা গিয়েছে যে,

Maximum intensity center এ পাওয়া যায় কারণ, $\theta = 0$ এবং Secondary maxima যেখানে উজ্জ্বল তবে fringes এর width কম যেখানে $\theta = (n + \frac{1}{2}) \lambda / a$ এবং minima বা অন্ধকারময় পাওয়া যায় $\theta = n\frac{\lambda}{a}$

$n = \pm 1, \pm 2, \pm 3 \ldots$

It is easy to see why it has minima at these values of angles.

Consider first the angle (θ) where the path difference $\lambda = a\theta$, then ($\theta = \lambda/a$)

Now divide the slit into two equal halfs LM and MN each of size $a/2$.

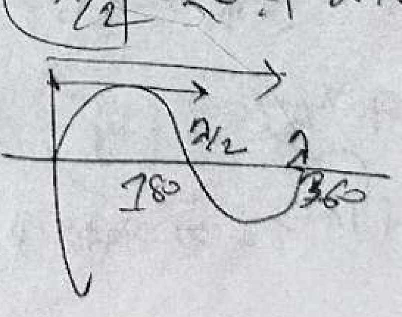
For every point (M_1) in (LM) there is a point (M_2) in (MN) such that $M_1M_2 = a/2$

$\therefore$ The path difference between (M_1) (M_2) at (P) point is, $M_2P - M_1P = \theta \cdot a/2$

$$\Rightarrow \theta \cdot a/2 = \lambda/2$$

আমরা জানি, Path difference ($\lambda/2$) হওয়া মানে

দশা 180° পরিবর্তন হয়েছে



অর্থাৎ  এই রকম তরঙ্গ থেকে 180° shift
হলে  হয়ে যায় যার ফলে তরঙ্গের ক্রমিক
উপরিপাতন হলে তার বিলুপ্ত হয়ে যায় অর্থাৎ
অন্ধকার ডোরা বা minima পাওয়া যায়

∴ $\theta = \lambda/2$ হতে আমরা minima পাই বা
intensity zero পাওয়া যায়, ∴ $\theta = n\frac{\lambda}{2}$ হলে
n এর যে কোনো মানের জন্য আমরা intensity
zero বা minima পাবো,

∴ Slit কে equal half এ ভাগ করলে আমরা
minima বা destructive বা Dark fringes বা
zero intensity পাই এবং angle 180°

আমরা maxima বা secondary উজ্জ্বল ফ্রিঞ্জের জন্য। $\theta = (n+1/2)\frac{\lambda}{a}$ সূত্র প্রযোজ্য, এবং n এর ক্রমান্বয়ে যত বাড়বে, fringe এর intensity ও width তত কমতে থাকবে।

∴ ধরি, angle, $\theta = (1+1/2)\frac{\lambda}{a} = \frac{3\lambda}{2a}$

slit কে ~~সমান~~ ~~a ভাগে~~ 3 ভাগে ভাগ করলে চিরের প্রস্থ, $\frac{a}{3}$ হবে।

১ম ২য় ৩য়

প্রথম চিরের প্রস্থ $a/3$ হবে ∴ প্রথম দুটি চির দিয়ে যদি Path difference বের করি তাহলে,

$$\left(\frac{a}{3}+\frac{a}{3}\right)=\frac{2a}{3} \quad \text{New (a)}$$

New θ, n=1

∴ Path difference $= \frac{2a}{3} \times \theta = \frac{2a}{3} \times \frac{3\lambda}{2a} = \lambda$

$\lambda/2 = a \times \theta$

অর্থাৎ আমরা, দুটি slit ~~মিলিয়ে~~ $\left(\frac{2a}{3}\right)$ দিয়ে Path difference (λ) পেয়েছি। অর্থাৎ একটা

Slit এর জন্য ($\lambda/2$) আসছে। এবং path differen

~~বা 180° shift হলে~~ $\lambda/2$ বা phase 180°

shift হলে minima পাওয়া যায়। সুতরাং

উপরে ~~ও~~ কিন্তু সেই slit কে 3 ভাগে ভাগ

করা হয়েছিল তার দুই ভাগ minima বা

অন্ধকার fringe দেয় সুতরাং বাকি যেই একটা

slit ~~অংশ~~ ছিল। সেই slit এর ($a/3$) এর

জন্য আমরা ~~পাই~~ হয় maxima বা bright

fring ~~পেয়ে~~ থাকি যার Intensity ~~মূল এর~~

Center bright fringe থেকে কম থাকে।

অর্থাৎ একটি slit কে ~~ওই~~ 3 ভাগে

ভাগ করলে শুধু ~~একটি~~। ~~একটি ($a/3$) অংশের slit দিয়েই~~ slit এর ($1/3$) অংশ দিয়ে

maxima পাওয়া যায়। যার Intensity

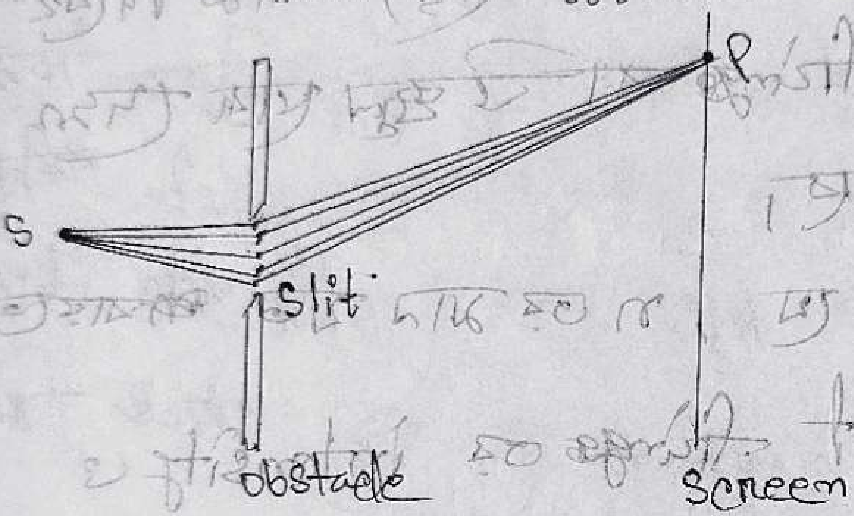
Center bright fringe হতে কম।

আবার যদি (n = 2) ধরা হয় তাহলে $\theta = \frac{5}{2}\frac{\lambda}{a}$ হয় তবে slit কে 5 ভাগে ভাগ করলে $\frac{a}{5}$ অর্থাৎ n=2 হলে slit এর ($\frac{1}{5}$) অংশ দিয়েই শুধু bright fringe বা উজ্জ্বল ধারা দেখা যা পাওয়া যায়।

অর্থাৎ দেখা যাচ্ছে যে, n এর মান যত বাড়তে থাকে bright fringe এর Intensity ও width ও কমতে থাকে। শুধু Center bright fringe এর maximum Intensity ও width থাকে।

Fresenel Diffraction

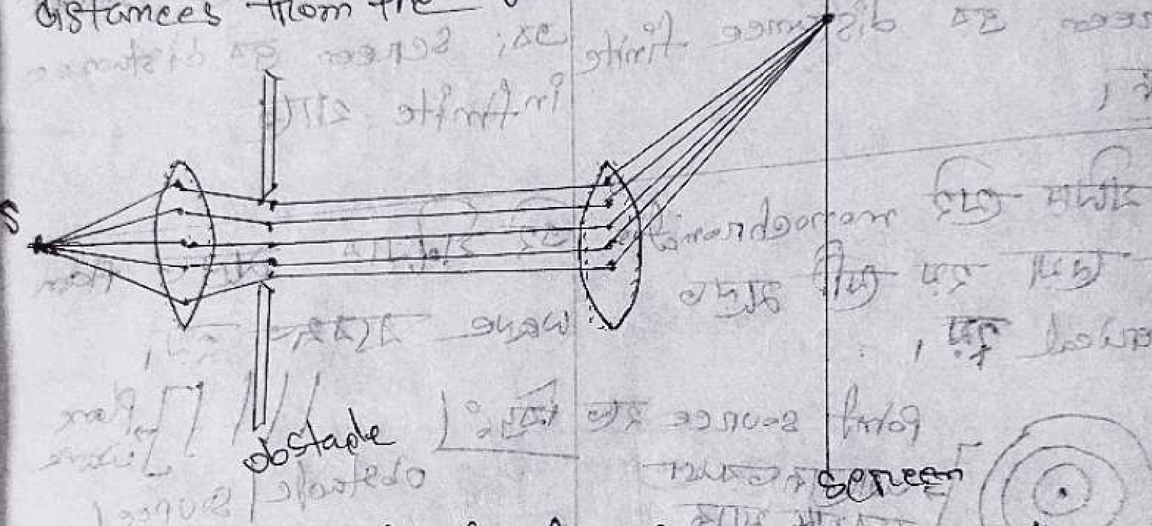
In this type of diffraction, the source of light and the screen are effectively at finite distance from the obstacle.



Fresenel diffraction এর মধ্যে লক্ষ্য করা যায় যে, এখানে কোনো প্রকার device ব্যবহার হয় না। Slit এর মধ্যে শুধু secondary তরঙ্গমুখ থাকে তার প্রত্যেকটি বিন্দু আলাদা এক একটি wave হিসাবে জন্ম হবে এবং নিজেদের interference করে ব্যতিচার ঘটাবে। যতো slit টি unblocked থাকবে।

Fraunhofer Diffraction

In this type of diffraction, the source of light and the screen are effectively at infinite distances from the obstacle.

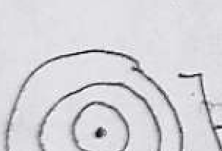


The condition required for fraunhofer diffraction is,
এখানে দুটি convex lenses প্রয়োজন। প্রথম lens টি আলোকে উৎস হতে সমান্তরাল রশ্মি করার জন্যে ব্যবহার হয় এবং দ্বিতীয় lens টি diffraction আলোকে screen এর উপর ফোকাসে আনতে ব্যবহৃত হয়।

Compare between Fresnel and Fraunhofer

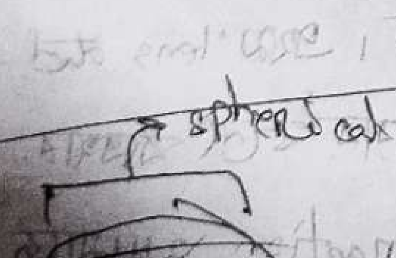
Fresnel diffraction	Fraunhofer Diffraction
Fresnel diffraction এর মধ্যে source হতে obstacle এর, screen এর distance finite থাকে।	Fraunhofer diffraction এর মধ্যে source হতে obstacle এর; screen এর distance infinite থাকে
এই যন্ত্রে যেই monochromatic wave নেয়া হয় যেটি মূলত spherical হয়।	এর যন্ত্রে মূলত plan wave ব্যবহৃত হয়।

point source হতে বিন্দু°



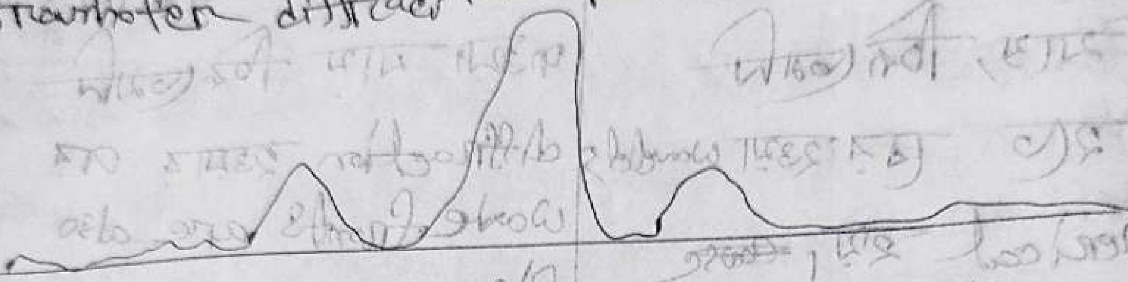
Plane wave

obstacle | source | screen অনেক দূরে থাকে আর জন্য spherical wave এর মুখ অংশ plan wave এর মত দেখা যায়,



Fresnel	Fraunhofer
এই যেমন source হতে যেমন spherical wavelets পাওয়া যায়, ঠিক তেমনি Slit হতে বের হওয়া wavelets ও spherical হয়, ~~cause~~	এই ~~যেমনয়~~ source হতে যেমন plane wavelets পাওয়া যায় ঠিক তেমনি diffraction হওয়ার পর wavefronts are also plane wave.
কোনো lenses ব্যবহার হয় না কারন source, obstacle, screen finite দূরত্বে আছে।	দুটো convex lenses প্রয়োজন। কারন Source, obstacle, Screen infinite দূরত্বে।
এই পদ্ধতিতে source, slit, screen এর ক্ষুদ্র পরিবর্তন হলে মান অনেক change হয়ে যায়। যার কারনে Difficult to analysis	এই পদ্ধতিতে source, slit, screen এর দূরত্ব কম বেশি হওয়ায় মানের খুব বেশি পরিবর্তন হয় না, যার কারনে Easy to analyse.

Fraunhofer | shape and intensity of a fraunhofer diffraction pattern stay constant.



Fresnel | shape and intensity of diffraction pattern changes as the wave propagates down stream | wave এর অবস্থান পরিবর্তন হলে, intensity | pattern of ~~diffraction~~ in fringes ও change হবে।

Fraunhofer diffraction is used most in Lab.

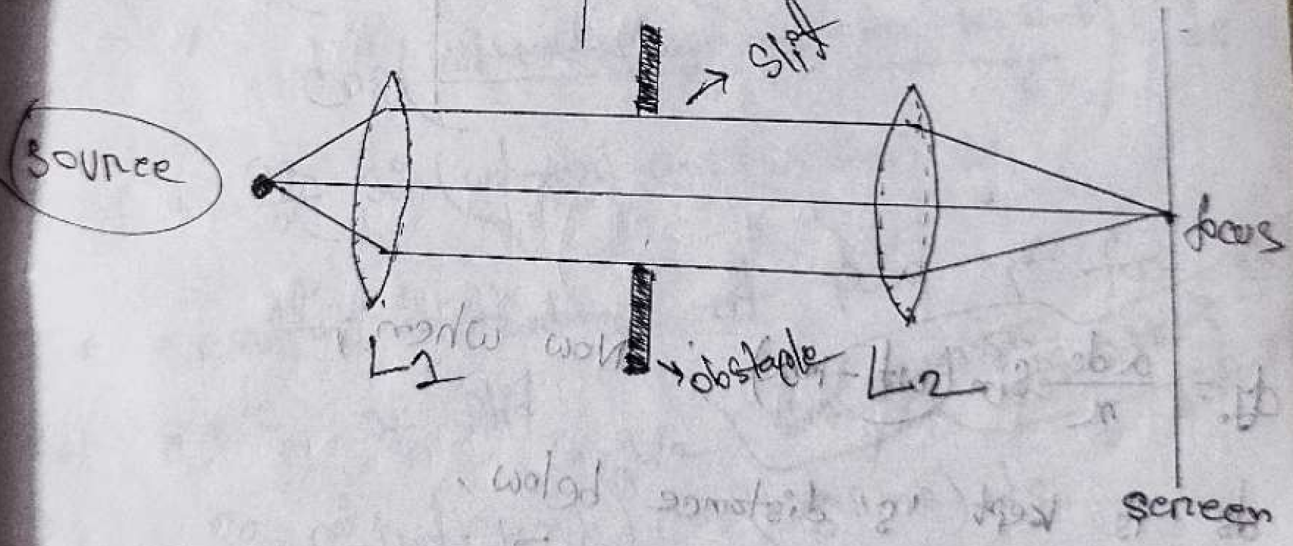
Fraunhofer Diffraction

ব্যাখ্যা | পূর্বের page এ দেয়া আছে ~~[illegible]~~

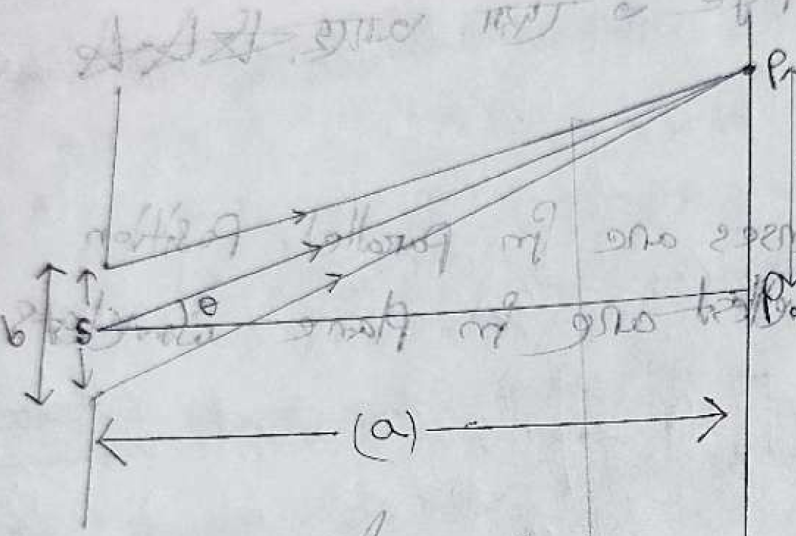
চিত্র |

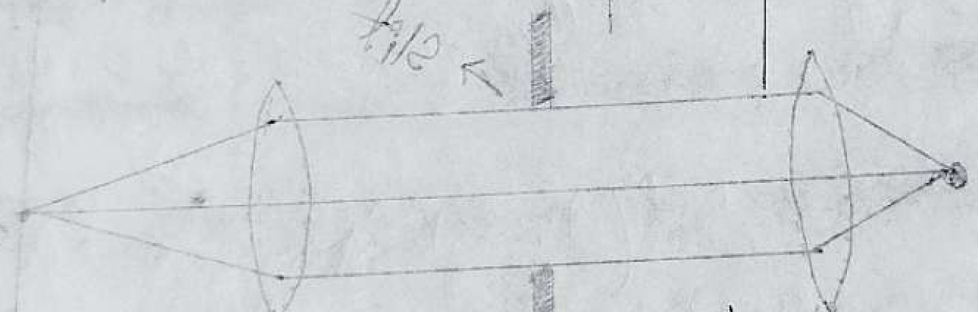
Lenses are in parallel position

source • wavelets are in plane wavelets



Single slit Diffraction in Fraunhofer diffraction





$dy_0 = \frac{a\,ds}{x}\sin(\omega t - kx)$ Now when,

ds is kept 's' distance below,

$dy_s^- = \frac{a\,ds}{x}\sin[\omega t - k(x+\Delta)]$

$= \frac{a\,ds}{x}\sin[\omega t - kx - ks\sin\theta]$ (i)

Path difference

$\Delta = s\sin\theta$

$\downarrow$

Slit [illegible]

When ds is kept 's' distance above,

$$dy_s^+ = \frac{a\,ds}{x} \sin[\omega t - k(x - \Delta)]$$

$$= \frac{a\,ds}{x} \sin[\omega t - kx + ks\sin\theta] \quad \text{--- (ii)}$$

Now, the resultant disturbance, (i+ii)

$$dy = dy_s^+ + dy_s^- = \frac{a\,ds}{x} \sin[\omega t - kx - ks\sin\theta] + \frac{a\,ds}{x} \sin[\omega t - kx + ks\sin\theta]$$

$$\Rightarrow dy = \frac{2a}{x} \sin\left(\frac{\omega t - kx - ks\sin\theta + \omega t - kx + ks\sin\theta}{2}\right) \cos\left(\frac{\omega t - kx - ks\sin\theta - \omega t + kx - ks\sin\theta}{2}\right) \cdot ds$$

$$\Rightarrow dy = \frac{2a}{x} \sin(\omega t - kx) \cos(ks\sin\theta)\, ds$$

The resultant disturbance at point 'P' for all points of slit. (Single slit এর জন্য, অর্ধেক slit $\frac{b}{2}$ distance)

$$\Rightarrow \int dy = \frac{2a}{x} \sin(\omega t - kx) \int_0^{b/2} \cos(ks\sin\theta)\, ds$$

$$\Rightarrow y = \frac{2a}{x} \sin(\omega t - kx) \left[\frac{\sin(ks\sin\theta)}{k\sin\theta}\right]_0^{b/2}$$

$$\Rightarrow y = \frac{2a}{x}\sin(\omega t - kx)\left[\frac{\sin(k\, b/2 \sin\theta)}{k\sin\theta}\right]$$

$$\Rightarrow y = \cancel{2a}\ \frac{ab}{x}\sin(\omega t - kx)\left[\frac{\sin(k\, b/2 \sin\theta)}{k\, b/2 \sin\theta}\right]$$

$$\Rightarrow y = \frac{ab}{x}\left[\frac{\sin(k\, b/2 \sin\theta)}{k\, b/2 \sin\theta}\right]\sin(\omega t - kx)$$

Resultant

Comparing $y = A\sin(\omega t - kx)$ then the amplitude,

$$A = \frac{ab}{x}\left[\frac{\sin(k\, b/2 \sin\theta)}{k\, b/2 \sin\theta}\right] = A_0\left[\frac{\sin\beta}{\beta}\right]$$

∴ Then the intensity ~~will be~~, at the screen will be,

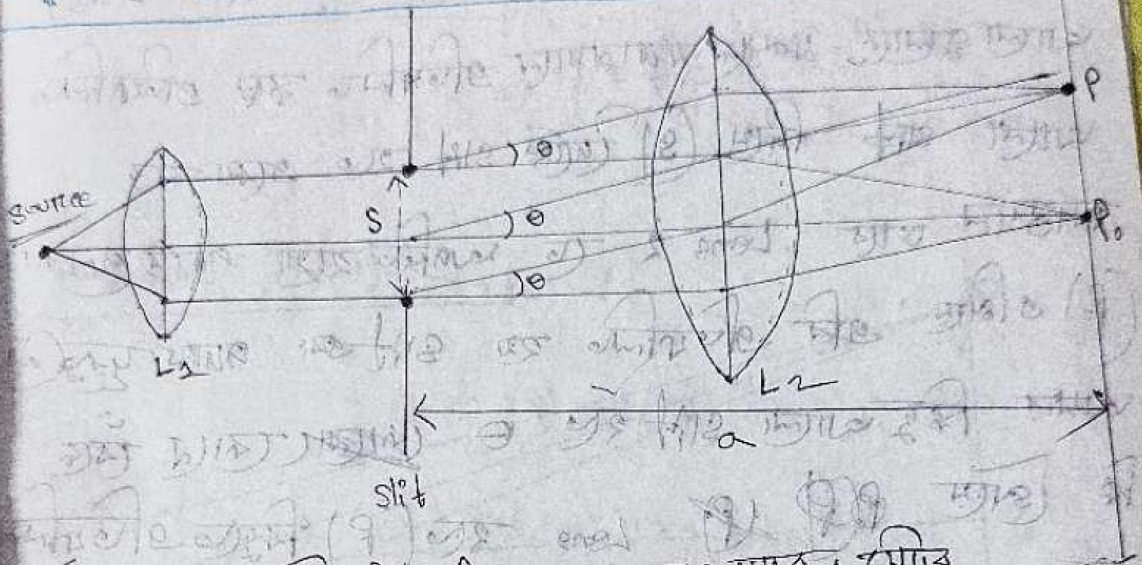
$$\boxed{k = \frac{2\pi}{\lambda}}$$

$$I = A^2 \Rightarrow I = A_0^2\left(\frac{\sin\beta}{\beta}\right)^2$$

$$\Rightarrow \boxed{I = I_0\left(\frac{\sin\beta}{\beta}\right)^2}$$

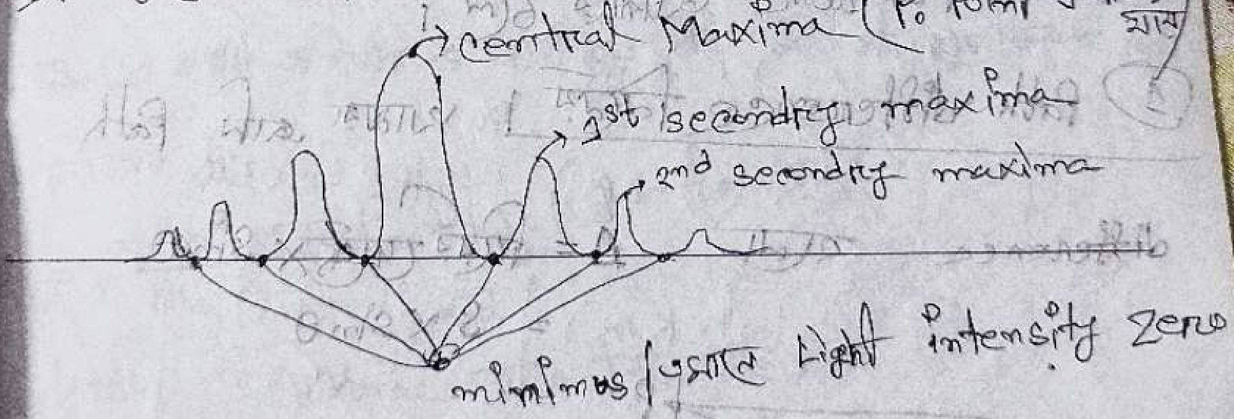
most important

Again, Fraunhofer diffraction at a Single Slit



পর্দায় আলোর সেই interference দেখা যাবে। সেটির

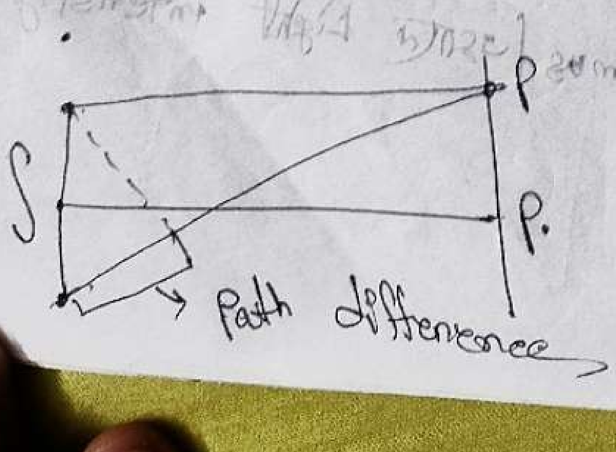
এর চিত্রের প্রতিচ্ছবি দেখানো হলো



বর্ণনা: Source হতে একক আলোক রশ্মি বের হলে Lens 1 আলো গুচ্ছকে সমান্তরালে প্রতিফলিত করে প্রতিফলিত আলো ~~স্লিট~~ দিয়ে (S) দৈর্ঘ্যের slit হতে প্রবেশ করে সমান্তরাল ভাবে Lens 2 তে আপতিত হয়ে পর্দার কেন্দ্রে (P_0) এ গিয়ে প্রতি প্রতিফলিত হয় slit এবং পর্দার দূরত্ব (D) আবার কিছু আলো slit হতে θ ~~কোণে~~ কোণে বেঁকে গিয়ে ~~(P)~~ Lens হতে (P) বিন্দুতে প্রতিফলিত হয়। ~~প্রত্যেক~~ উল্লেখ্য থাকে যে এ আলো গুচ্ছের তরঙ্গ Plan wave আকারে চলে।

① Path difference নির্ণয়। আমরা জানি Path difference হলো

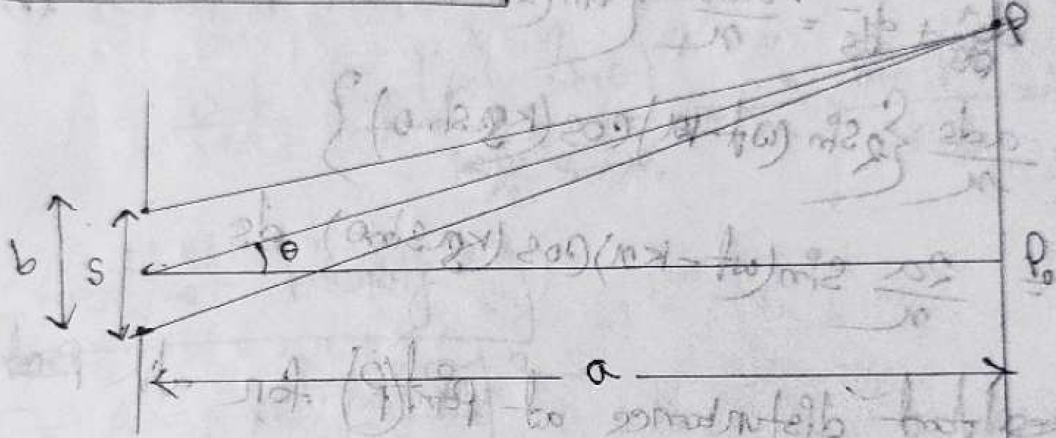
$$\Delta = \text{চিরের দৈর্ঘ্য} \times \sin\theta$$
$$= S \times \sin\theta$$



③ Phase difference | $\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \times$ Path difference

$$\Rightarrow \phi = \frac{2\pi}{\lambda} \times s.\sin\theta$$

③ Resultant Amplitude



∴ ক্ষুদ্র (ds) s স্লিট এর দৈর্ঘ্য s হলে ক্ষুদ্র স্লিট ds এর ক্ষুদ্র তরঙ্গের দুটি এর সমীকরণ হবে।

$$dy_0 = \frac{a\,ds}{x}\sin(\omega t - kx)$$

∴ ds যদি 's' distance হতে নিচে থাকে,

$$dy_s = \frac{a\,ds}{x}\sin[\omega t - k(x+\Delta)]$$

$$= \frac{a\,ds}{x}\sin[\omega t - kx - k\Delta] = \frac{a\,ds}{x}\sin(\omega t - kx - ks\sin\theta)$$

∴ ds যদি 's' distance হলে নিতে হয় তাহলে

$dy_s^+ = \frac{a\,ds}{x} \sin\left(\omega t - k(x - \Delta)\right)$

$= \frac{a\,ds}{x} \sin\left(\omega t - kx + ks\sin\theta\right)$

∴ Resultant disturbance

$dy = dy_s^+ + dy_s^- = \frac{a\,ds}{x} \left\{\sin(\omega t - kx - ks\sin\theta) + \sin(\omega t - kx + ks\sin\theta)\right.$

$\Rightarrow dy = \frac{a\,ds}{x} \left\{2\sin(\omega t - kx)\cos(ks\sin\theta)\right\}$

$\Rightarrow dy = \frac{2a}{x} \sin(\omega t - kx)\cos(ks\sin\theta)\,ds$

∴ The resultant disturbance at point (P) for all point of slit, এখন (ds) এর সাপেক্ষে

$\int dy = \frac{2a}{x} \sin(\omega t - kx) \int_0^{b/2} \cos(ks\sin\theta)\,ds$

$\Rightarrow y = \frac{2a}{x} \sin(\omega t - kx) \left[\frac{\sin(ks\sin\theta)}{k\sin\theta}\right]_0^{b/2}$

$\Rightarrow y = \frac{2a}{x} \sin(\omega t - kx) \left[\frac{\sin(k\frac{b}{2}\sin\theta)}{k\sin\theta}\right]$

$$\Rightarrow y = \frac{ab}{x} \sin(\omega t - kx) \left[\frac{\sin\left(\frac{kb}{2}\sin\theta\right)}{\frac{kb}{2}\sin\theta} \right]$$

এখানে তরঙ্গের সমীকরণ, $y = A \sin(\omega t - kx)$ এর সাথে compare করে পাই,

Resultant Amplitude, $A = \frac{ab}{x} \sin(\omega t - kx)$

$$A = \frac{ab}{x} \frac{\sin\left(\frac{kb}{2}\sin\theta\right)}{\frac{kb}{2}\sin\theta} = \frac{ab}{x} \frac{\sin\beta}{\beta} = A_0 \frac{\sin\beta}{\beta}$$

$\therefore$ Resultant Intensity

$$I = A^2 = A_0^2 \left(\frac{\sin\beta}{\beta}\right)^2$$

$$\therefore \beta = \frac{kb\sin\theta}{2} = \frac{2\pi}{\lambda}\frac{b}{2}\sin\theta = \frac{\pi b \sin\theta}{\lambda}$$

Central Maxima। স্লিটের মধ্যে (P_0) point হলো central maxima point, এবং $\theta = 0$ হলে, central point এ থাকে। $\therefore$ intensity থাকবে।

$\therefore I = A_0^2 \left(\frac{\sin\beta}{\beta}\right)^2$ [$\beta = \frac{\pi b \sin\theta}{\lambda}$ [$\theta = 0$

$\Rightarrow I = A_0^2 \left(\lim_{\beta\to 0} \frac{\sin\beta}{\beta}\right)^2$ $\beta = 0$

$\Rightarrow I = A_0^2 \cdot 1$ $\lim_{x\to 0} \frac{\sin x}{x} = 1$]

$\therefore$ intensity in central Maxima point is,

$\boxed{I_{max} = A_0^2}$ → central maxima intensity,

$A_0 = \frac{ab}{x}$ → slit এর দৈর্ঘ্য → slit হতে পর্দার দূরত্ব → X অক্ষের কতটুকু ~~অংশের~~ দূরত্ব ~~পর্যন্ত~~

Potion of minima

আমরা জানি, minima তে intensity শূন্য থাকে, $I = 0$

$\therefore$ formula অনুসারে,

$I = A_0^2 \left(\frac{\sin\beta}{\beta}\right)^2$ [$I = 0$ হলে $A \neq 0$, $\beta \neq 0$ হতে হবে]

শর্ত

$\Rightarrow A^2 \left(\frac{\sin\alpha}{\alpha}\right)^2 = 0$ [$\sin n\pi = 0$, $n = 0, 1, 2, 3$]

$\Rightarrow A^2 \left(\frac{\sin\alpha}{\alpha}\right) = \sin n\pi$ sin

আবার জানি, $I = 0$ হলে, $A \neq 0$, ~~$B \neq 0$~~ $\beta \neq 0$

হতে হবে। $\therefore A \neq 0$, $\beta \neq 0$ হলে, $\sin\beta = 0$ হবে,

আবার $\sin n\pi = 0$; when, $n = \pm(1, 2) \ldots$

$\therefore \sin\beta = 0 = \sin(n\pi) \Rightarrow \sin\beta = \sin \pm n\pi$

$\Rightarrow \beta = \pm n\pi$ $\quad \boxed{\beta = \frac{\pi b \sin\theta}{\lambda}}$

$$\Rightarrow \frac{\pi b \sin\theta_n}{\lambda} = \pm n\pi$$

$\Rightarrow b \sin\theta_n = \pm n\lambda$ $\quad \left[\sin\theta_n \approx \theta_n \text{ when } \theta_n = \text{small}\right]$

$\Rightarrow b\,\theta_n = \pm n\lambda$

$$\Rightarrow \theta_n = \frac{\pm n\lambda}{b}$$

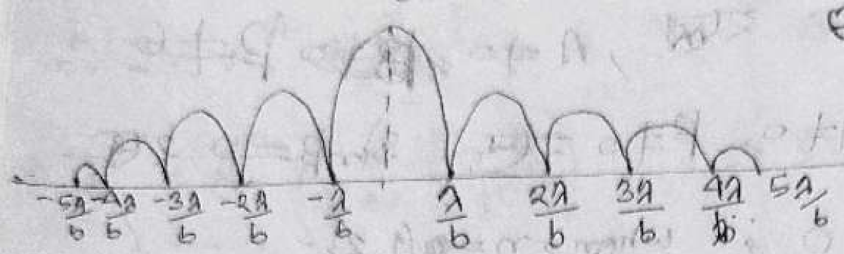
$\therefore$ Positions of Minima | Position of minima

এর জন্য θ_n এর মান ($n = \pm(1, 2, 3 \ldots)$) এর জন্য minima

পাওয়া যায়।

Central maxima

$\theta_n = \frac{n\lambda}{b}$, $n = 1, 2, 3$

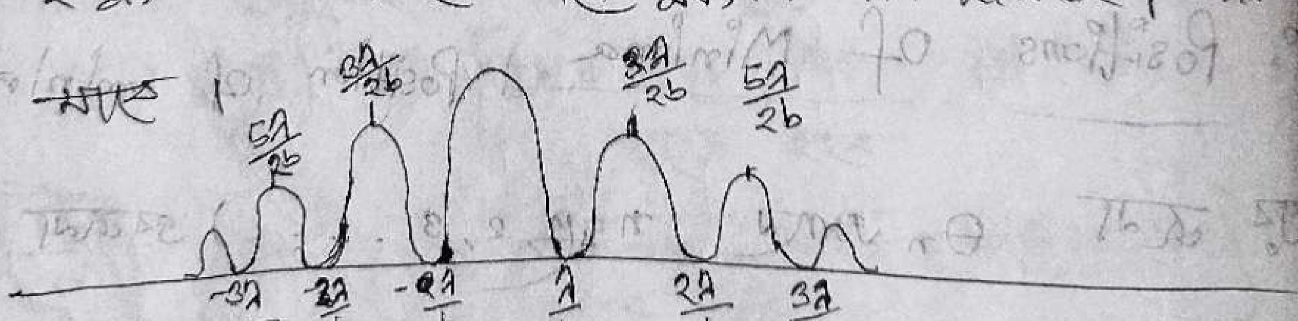


এই point গুলোতেই আমরা শুধু minima পাবো, θ_n এর মান গুলো, Intensity $I = A_0^2 \left(\frac{\sin\beta}{\beta}\right)^2$

$\beta = \frac{\pi b \sin\theta_n}{\lambda}$ ($\sin\beta$) all time zero ~~হবে~~, হবে for (θ_n)

Position of secondary maxima

minima point গুলোর মাঝেই আমরা secondary maxima point পাবো। অর্থাৎ দুটি minima যোগ করে 2 দ্বারা ভাগ করলে তাদের মধ্যবর্তী maxima point পাওয়া ~~যাবে~~।



Ex// minima $\frac{\lambda}{b}$, $\frac{2\lambda}{b}$ এর মাঝে 1st secondary

maxima position হবে, $\frac{\frac{\lambda}{b}+\frac{2\lambda}{b}}{2} = \frac{3\lambda}{2b}$ → 1st secondary maxima position

minima, $\frac{2\lambda}{b}$, $\frac{3\lambda}{b}$ এর মাঝে 2nd secondary maxima

position হবে, $\frac{\frac{2\lambda}{b}+\frac{3\lambda}{b}}{2} = \frac{5\lambda}{2b}$ = 2nd secondary maxima position

Intensity for secondary maxima

∴ 1st secondary maxima position, $\theta_1 = \frac{3\lambda}{2b}$

$\therefore \beta = \frac{\pi b \sin\theta_1}{\lambda}$ $\therefore I_1 = A_0^2\left(\frac{\sin\beta}{\beta}\right)^2 = \left(\frac{\sin\beta}{\beta}\right)^2 I_{max}$

$\Rightarrow \beta_1 = \frac{\pi b\,\theta_1}{\lambda} = \frac{\pi b\, 3\lambda}{2b\lambda} = \frac{3\pi}{2}$

$\Rightarrow$ ∴ $I_1 = A_0^2\left(\frac{\sin\beta}{\beta}\right)^2 = \left(\frac{\sin\frac{3\pi}{2}}{3\pi/2}\right)^2 I_{max}$

$= \left(\frac{1}{\frac{3\times 3.1416}{2}}\right)^2 I_{max} \approx \frac{1}{22} I_{max}$

∴ θ, 2nd secondary maxima position, $\theta_2 = \frac{5\lambda}{2b}$

$\therefore \beta = \frac{\pi b \sin\theta_2}{\lambda} = \frac{\pi b\,\theta_2}{\lambda} = \frac{\pi b\, 5\lambda}{\lambda\, 2b} = \frac{5\pi}{2}$

$$\therefore I_2 = \left(\frac{\sin\beta}{\beta}\right)^2 I_{max} = \left(\frac{\sin\frac{5\pi}{2}}{\frac{5\pi}{2}}\right)^2 I_{max}$$

$$= \left(\frac{1}{\frac{5\times3.1416}{2}}\right)^2 I_{max} \cong \frac{1}{61} I_{max}$$

$$\therefore I_2 = \left(\frac{\sin\beta}{\beta}\right)^2 I_{max} = \left(\frac{1}{\frac{7\pi}{2}}\right)^2 I_{max}$$

$$\cong \cancel{121\ I_{ma}}\ \frac{1}{121} I_{max}$$

∴ দেখা যাচ্ছে যে, θ_n position যত দূরে যাচ্ছে

চিত্র তত ~~ক~~ central maxima intensity (I_{max})

~~তত~~ কমছে,

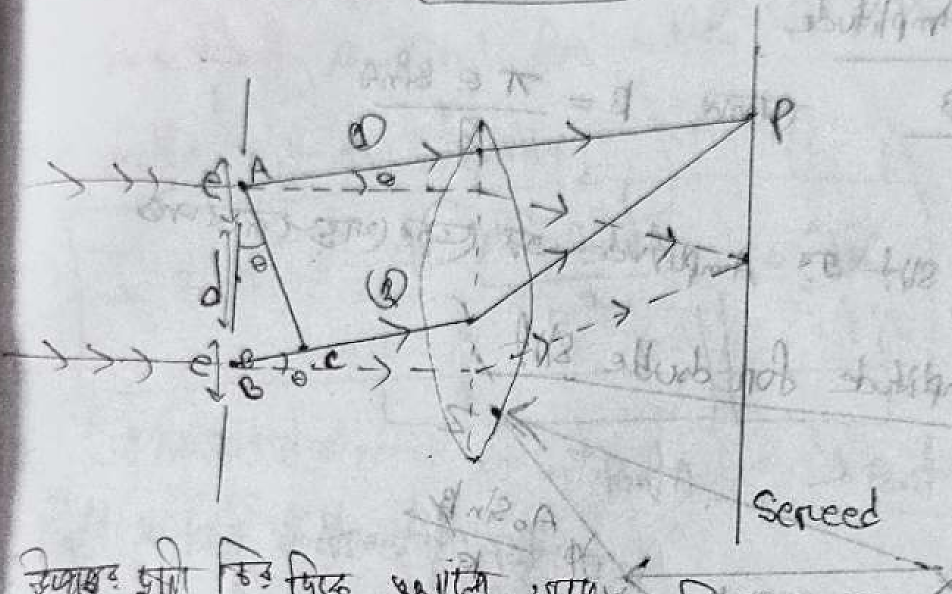
অর্থাৎ fraunhofer diffraction এর মধ্যে

যেই গ্রাফের intensity ~~এক~~ অসমানভাবে কমছে সেটা প্রমাণিত

central ~~intensity~~ maxima > intensity of 1st secondary maxima > Intensity of 2nd secondary maxima

$$I_{max} > \frac{1}{22} I_{max} > \frac{1}{61} I_{max}$$

Fraunhofer diffraction due to double slits



উপরের দুটো ছিদ্র দিয়ে আলো যাচ্ছে ছিদ্রের প্রস্থ e, ছিদ্র দুটির মাঝের বাধার ~~দৈর্ঘ্য~~ প্রস্থ d, আলো অনুলো (P) point এ মিলিত হচ্ছে।

∴ Path difference,

$$BC = \Delta_p = AB \sin\theta = \left(\frac{e}{2} + d + \frac{e}{2}\right) = (e+d)\sin\theta$$

$$\Rightarrow \Delta p = (e+d)\sin\theta.$$

∴ অতএব, Phase difference,

$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda}(\Delta p) = \frac{2\pi}{\lambda}(e+d)\sin\theta$$

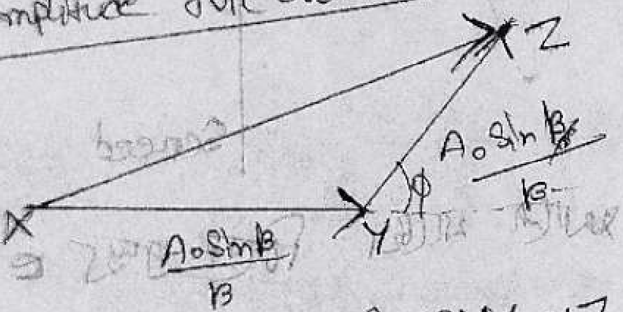
Fraunhofer এর single slit diffraction হতে পাই যে

Resultant Amplitude,

$\Rightarrow \dfrac{A_0 \sin\beta}{\beta}$ যেখানে $\beta = \dfrac{\pi e \sin\theta}{\lambda}$

∴ এখন দুটি slit এর Amplitude এর ভেক্টর যোগ করলে পাই

Resultant Amplitude for double slit /



$\therefore\ XZ^2 = XY^2 + YZ^2 + 2\,XY \cdot YZ \cos\phi$

$\Rightarrow R^2 = \dfrac{A_0^2 \sin^2\beta}{\beta^2} + \dfrac{A_0^2 \sin^2\beta}{\beta^2} + 2\,\dfrac{A_0^2 \sin^2\beta}{\beta^2}\cos\phi$

$\Rightarrow R^2 = \dfrac{2A_0^2 \sin^2\beta}{\beta^2}\left[1 + \cos\phi\right]$

$\Rightarrow R^2 = 4\,\dfrac{A_0^2 \sin^2\beta}{\beta^2}\cos^2\phi/2$ $\boxed{\text{Let } \alpha = \phi/2}$

$$\Rightarrow R^2 = \frac{4A_0^2 \sin^2\beta}{\beta^2} \cos^2\alpha$$

∴ Resultant Amplitud for double slit or square হবে

∴ double slit এর intensity,

$$\Rightarrow \boxed{I = R^2 = 4\, \underbrace{\frac{A_0^2 \sin^2\beta}{\beta^2}}_{\text{Part A}}\, \underbrace{\cos^2\alpha}_{\text{Part B}}}$$

এই সমীকরণে

Part A এর দিবে diffraction pattern.

Part B দিবে Interference pattern.

Part A এর জন্য Single slit diffraction এর মতই সৃষ্টি পাওয়া যাবে

∴ For diffraction, Central maxima

central maxima পাওয়া যাবে যদি $\theta = 0$ হয়,

$$\therefore \beta = \frac{\pi e \sin\theta}{\lambda}, \quad \alpha = \frac{\phi}{2} = \frac{2\pi}{2\lambda} \times (e+d) \sin\theta$$

∴ দেখা যায়, $\theta = 0$ হলে, β, α zero হয়।

∴ double slit intensity হতে পারে $\quad (\theta, \alpha, \beta) = (0, \ldots) \Rightarrow$

$\cos^2\beta$

$$I_{max} = 4A_0^2 \left(\lim_{\beta \to 0} \frac{\sin^2\beta}{\beta^2}\right)$$

$\Rightarrow I_{max} = 4A_0^2 \rightarrow$ central maxima,

∴ Position of minima | minima তে intensity zero

$$\beta = \frac{\pi e \sin\theta}{\lambda}$$

∴ Single slit এর ক্ষেত্রে
double slit এর জন্য minima same,

∴ minima পাওয়া যাবে,

$\sin\beta = 0$; কিন্তু $\alpha \neq 0$ কারণ maxima তে $\alpha = 0$ হয়
তাই minima তে $\alpha \neq 0$ হতে হবে।

$\Rightarrow \beta = \pm n\pi$; যেখানে $n = 1, 2, 3 \ldots\ldots$ $n \neq 0$

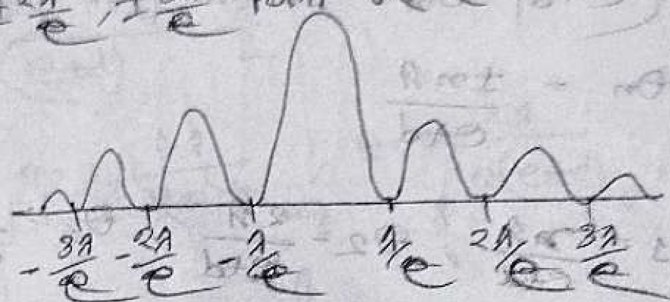
$$\beta = \frac{\pi e \sin\theta}{\lambda}$$

$\Rightarrow \dfrac{\pi e \sin\theta}{\lambda} = \pm n\pi$

$\Rightarrow e\theta = \pm n\lambda$

$\Rightarrow \theta_n = \pm \frac{n\lambda}{a}$

$\therefore \pm\frac{\lambda}{e}, \pm\frac{2\lambda}{e}, \pm\frac{3\lambda}{e}$ Point গুলোতে minima পাওয়া যাবে



$\therefore$ Position of maxima দুটি minima এর মাঝখানে হবে।

$\therefore$ 1st Posi $\beta = \pm\frac{3\lambda}{2e}, \pm\frac{5\lambda}{2e}$ - - - -

$\therefore$ Part β হচ্ছে আমরা Interference এর জন্য bright and dark fringes পাবো।

for bright fringes।

$\cos^2\alpha = 1$ $\Rightarrow$ cos এর সর্বোচ্চ মানের জন্য bright fringes পাওয়া যায়

$\Rightarrow \cos^2\alpha = \cos^2 m\pi$

$\Rightarrow \alpha = \pm m\pi$

$\Rightarrow \cancel{\frac{\pi e \sin\theta}{\lambda}} = \pm m\pi$

$\Rightarrow \beta_n = \frac{\pi(e+d)}{\lambda}\sin\theta_n = \pm n\pi$

$\Rightarrow (e+d)\,\theta_n = \pm n\lambda$

$\Rightarrow \theta_n = \frac{\pm n\lambda}{e+d}$

$\therefore \theta_1 = \frac{\lambda}{e+d},\ \theta_2 = \frac{2\lambda}{e+d},\ \theta_3 = \frac{3\lambda}{e+d}$

∴ Angular separation, $\theta_2 - \theta_1 = \frac{\lambda}{e+d}$

$\theta_3 - \theta_2 = \frac{\lambda}{e+d}$

∴ প্রতিটি হলো bright fringes এর Angle হলো $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ ... কারণ এই bright fringes এর Angular separation ধ্রুবক থাকে।

∴ Condition for dark fringes, $I = 0$ হলে $\cos\alpha$

$\cos\alpha = 0$

$\Rightarrow \cos\alpha = \cos\pm(2n+1)\frac{\pi}{2}$

$\therefore \alpha = \pm(2n+1)\frac{\pi}{2}$

$$\Rightarrow \frac{\pi(e+d)\sin\theta_n}{\lambda} = \pm(2n+1)\pi/2$$

$$\Rightarrow \theta_n = \frac{\pm(2n+1)}{(e+d)} \cdot \frac{\lambda}{2}$$

$$\therefore \theta_1 = \frac{3\lambda}{2(e+d)},\ \theta_2 = \frac{5\lambda}{2(e+d)},\ \theta_3 = \frac{7\lambda}{2(e+d)}$$

$\therefore$ angular separation, $\theta_2 - \theta_1 = \frac{\lambda}{e+d}$

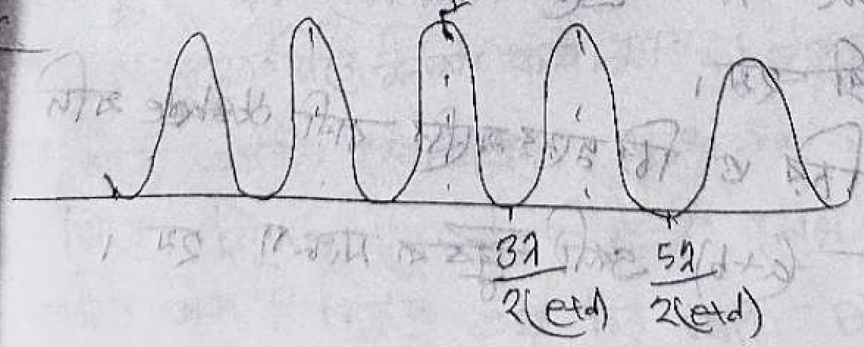
$$\theta_3 - \theta_2 = \frac{\lambda}{e+d}$$

$\therefore$ Angular separation ~~in bright and dark~~

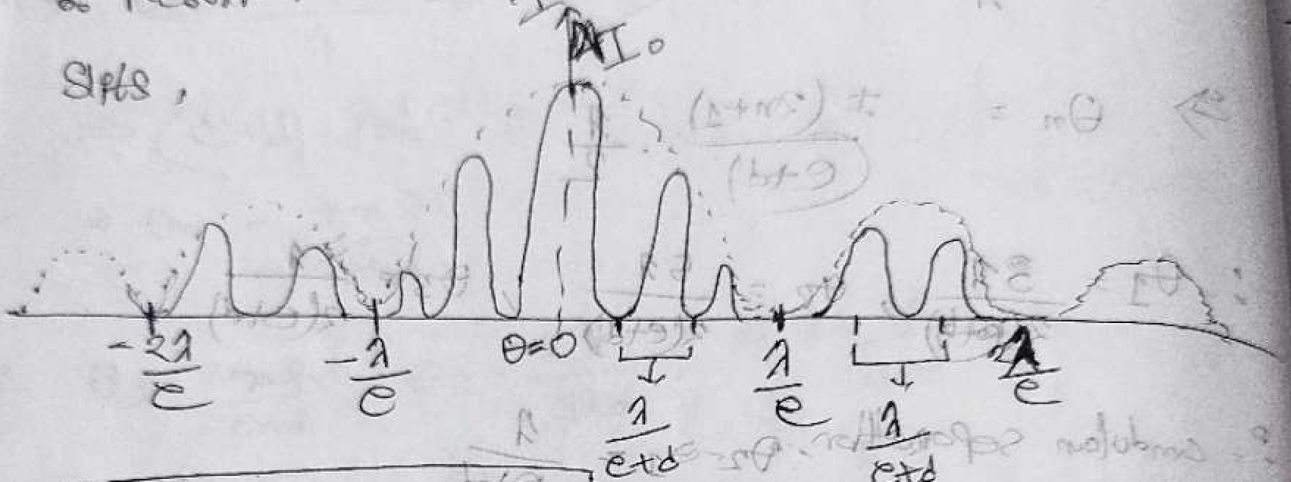
fringes এর ~~জন্য~~ same, তাই এরাও সমান ~~দূরত্বে~~ অবস্থিত।

Point B এর Interference এর মধ্যে ও সমস্যা

সমান মাত্রার fringes | ~~যাকে~~ দেখা যাবে।



∴ Resultant diffraction pattern due to two slits,



N slit diffraction কে অপবর্তন গ্রেটিং ও বলা হয়।

Fraunhofer diffraction for N slits

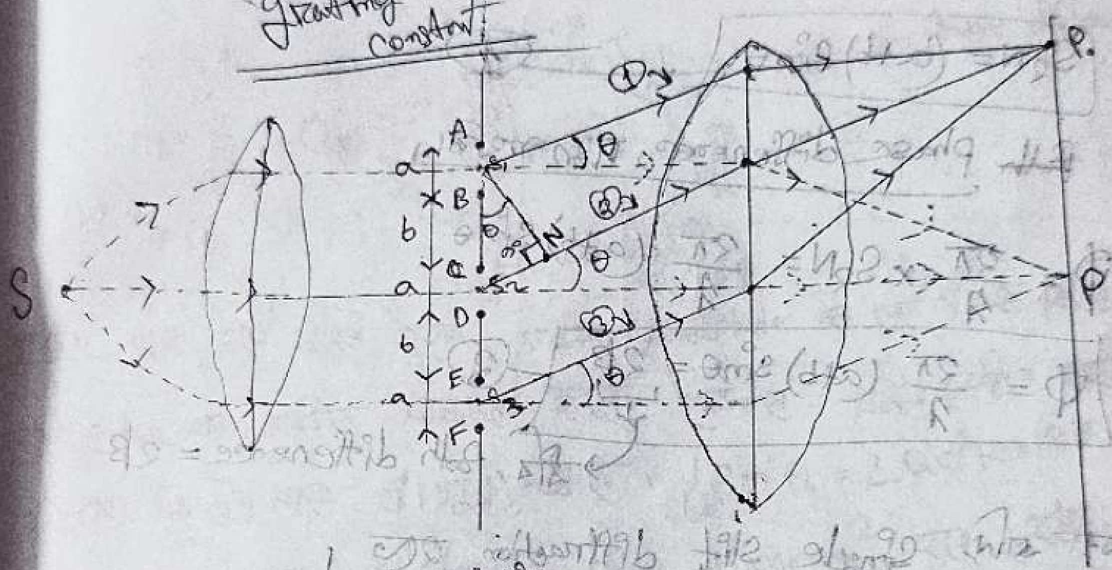
গ্রেটিং কি? গ্রেটিং ধ্রুবক বলতে কী বুঝ?

⇒ আলোর অপবর্তন (diffraction) এর জন্য একটি বিশেষ ব্যবস্থা হলো গ্রেটিং। বহুসংখ্যক সমান প্রস্থের চির সমান্তরাল ভাবে সমান দূরত্বে পাশাপাশি স্থাপন ~~করে~~ করে গ্রেটিং তৈরী হয়।

কোনো গ্রেটিং এর চির ও চির দুয়ের মধ্যের বাধা obstacle যদি a ও b হলে $(a+b)$ একটি ~~ধ্রুবক~~ ধ্রুবক সংখ্যা হয়।

একে গ্রেটিং ধ্রুবক বলে। গ্রেটিংয়ের প্রতি একক রেখার সংখ্যা N হলে, $\boxed{a+b = \frac{1}{N}}$

grating constant



ব্যাখ্যা॥ উপরোক্ত Source হতে আলোকগুচ্ছ রেখাগুলো convex লেন্স এর মধ্যে দিয়ে পরস্পর সমান্তরাল রেখা গুলো N সংখ্যক slits এর মধ্যে স্থান দিয়ে প্রবাহিত হয়, AB = CD = EF ~~= a দূরত্ব~~ slit a সমান দূরত্ব বিচ্ছিন্ন (slit গুলির) এর প্রস্থ। আবার, BC = DF = b হলো N সংখ্যক চিরে অবস্থিত যার ~~b~~ b প্রস্থ বিশিষ্ট। চিরের মধ্যে অবস্থিত রেখাগুলো S_1, S_2, S_3 ... এর মধ্য দিয়ে θ দিয়ে কিছু আলোক রশ্মি ~~P~~ লেন্স এর মধ্য দিয়ে গিয়ে রশ্মির প্রথম P বিন্দুতে এবং কিছু রশ্মি θ কোণে বেঁকে গিয়ে

P_0 বিন্দুতে যাব।
S_1 ও S_2 ছিদ্রের জন্য Path difference হবে,

$$\sin\theta = \frac{S_2N}{S_1S_2} = \frac{S_2N}{\frac{a}{2}+b+\frac{a}{2}} = \frac{S_2N}{(a+b)}$$

$$\Rightarrow \boxed{S_2N = (a+b)\sin\theta} \quad (1)$$

$\therefore$ ~~Path~~ phase difference, যদি পার্থক্য,

$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \times S_2N = \frac{2\pi}{\lambda}(a+b)\sin\theta$$

$$\Rightarrow \boxed{\phi = \frac{2\pi}{\lambda}(a+b)\sin\theta = 2\beta} \quad (2)$$

ধরি, path difference $= 2\beta$

আমরা জানি, Single slit diffraction হতে।

Amplitude, $A_0 = A\frac{\sin\alpha}{\alpha}$

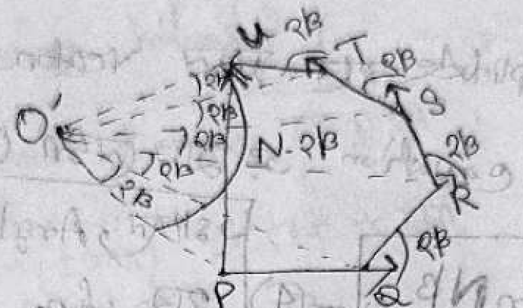
এখানে, $\alpha = \frac{ka\sin\theta}{2} = \frac{2\pi a\sin\theta}{2\lambda} = \frac{\pi a\sin\theta}{\lambda}$

$\therefore$ N সংখ্যক slit হতে N সংখ্যক A wave বাহির হবে

তাদের Resultant Amplitude, $A_0 = A\frac{\sin\alpha}{\alpha}$

∴ Polygon vector addition method অনুসারে-

$\vec{PU}$



$\phi = 2\beta$ = Phase difference

বহুসংখ্যক স্লিট হতে বাহির হওয়া সকল Amplitude কে vec polygon vector এর মাধ্যমে সাজানো হলো যেখানে সকল ভেক্টরের প্রান্ত বিন্দুর সাথে O' যুক্ত আছে। $\angle PO'Q = \angle QO'R = 2\beta$

∴ N সংখ্যক স্লিট এর জন্য phase difference হবে $N2\beta$

∴ যদি, O' হলো Polygon vector এর Angle,

∴ $\text{Angle} = \frac{\text{Vector}}{\text{Radius}}$

$$\Rightarrow 2\beta = \frac{PQ}{O'P} \Rightarrow PQ = O'P \cdot 2\beta$$

$$\Rightarrow PQ = O'P \sin 2\beta \quad [\sin 2\beta \approx 2\beta]$$

$$\Rightarrow PQ = O'P \, 2 \sin\beta \cos\beta$$

$\Rightarrow PQ = 2O'P \sin\beta$ $[\cos\beta \approx 1]$ — (3)

[Angle অনেক ছোট তাই, minimum Angle এর জন্য $\cos\beta \approx 1$ ধরা যায়]

∴ ∴ Resultant Amplitude হবে সকল vector এর সমষ্টি, PU, ∴ 3 নং equation এর মত লেখা যেতে পারে

$$\Rightarrow \boxed{PU = 2O'P \cdot \sin N\beta} \quad \text{— (4)}$$

[এখানে, Angle ~~N~~ $= N\beta$ হবে for N সংখ্যক Amplitude vector]

∴ (4 ÷ 3)

$$\frac{PU}{PQ} = \frac{\cancel{2O'P} \sin N\beta}{\cancel{2O'P} \sin\beta} = \frac{\sin N\beta}{\sin\beta}$$

$$\Rightarrow PU = PQ \cdot \frac{\sin N\beta}{\sin\beta}$$

[PQ = একটি স্লিটের Resultant Amplitude $= A \frac{\sin\alpha}{\alpha}$]

$$\Rightarrow PU = \frac{A\sin\alpha}{\alpha} \cdot \frac{\sin N\beta}{\sin\beta}$$

$$\Rightarrow R = \frac{A\sin\alpha}{\alpha} \cdot \frac{\sin N\beta}{\sin\beta}$$

→ Resultant Amplitude for (N) slits.

∴ Resultant Intensity |

$$I = R^2 = A^2 \frac{\sin^2\alpha}{\alpha^2} \cdot \frac{\sin^2 N\beta}{\sin^2\beta} \quad \text{---} (5)$$

∴ Principle maxima Intensity |

∴ for maxima $\sin\beta = 0$ হতে হবে,

∴ $\sin\beta = \sin(\pm n\pi) \Rightarrow \beta = \pm n\pi$

$$\therefore \frac{\sin^2 N\beta}{\sin^2\beta} = \frac{\sin^2[N(\pm n\pi)]}{\sin^2(n\pi)} = \frac{0}{0}$$

∴ L-hospital Law অনুসারে,

$$\lim_{\beta \to \pm n\pi} \frac{\frac{d}{d\beta}\sin N\beta}{\frac{d}{d\beta}\sin\beta} = \lim_{\beta \to \pm n\pi} \frac{N\cos N(\pm n\pi)}{\cos \pm(n\pi)} = N$$

$$\therefore \left(\frac{\sin N\beta}{\sin\beta}\right)^2 = N^2$$

∴ আমরা (5) নং equation এ বসিয়ে পাই,

$$\boxed{I_{max} = A^2 \frac{\sin^2\alpha}{\alpha^2} \cdot N^2}$$ → maximum intensity

where $\alpha = \frac{\pi a \sin\theta}{\lambda}$

∴ $\beta = \pm n\pi$ হলে central maxima intensity পাওয়া যাবে

∴ $\phi = 2\beta = \frac{2\pi}{\lambda}(a+b)\sin\theta$

$\Rightarrow \frac{2\pi}{\lambda}(a+b)\sin\theta = \pm n\pi$

$\Rightarrow \boxed{(a+b)\sin\theta = \pm n\lambda}$

এই condition যদি মানে অর্থাৎ একটি slit এর path difference যদি $\pm n\lambda$ হয় তবেই আমার maxima intensity পাবো।

এবং N সংখ্যা ছিদ্রের intensity মান এবং Intensity এক single slit এর center point এর $(N)^2$ গুন হয়।

অর্থাৎ, $I_{max} = \left(\text{Single slit intensity of central maxima}\right) \times N^2$

$\Rightarrow I_{max} = \left(A^2 \frac{\sin^2\alpha}{\alpha^2}\right) \cdot N^2$

maxima তার অবস্থান নির্ভর।

∴ For minimas intensity | minima হওয়ার জন্য,

$\sin N\beta = 0$ হতে হবে কারণ $\sin N\beta = 0$ হলে,

$I = 0$ হবে,

$\therefore \sin N\beta = 0 = \sin(\pm m\pi)$

$\Rightarrow N\beta = \pm m\pi$

$\Rightarrow \frac{N\pi}{\lambda}(a+b)\sin\theta_n = \pm m\pi$

$\Rightarrow \boxed{N(a+b)\sin\theta_m = \pm m\lambda}$ — (1)

$\phi = 2\beta = \frac{2\pi}{\lambda}(a+b)\sin\theta$

$\therefore \beta = \frac{\pi}{\lambda}(a+b)\sin\theta$

অতএব equation (1) দ্বারা ~~প্রত্যেক~~ হবে ~~অতএব~~ minimus পাওয়া যাবে.

যেখানে, $m = 1, 2, 3 \ldots (N-1)$ হতে পারে but

$m \neq 0,\ m \neq N, 2N, 3N \ldots$

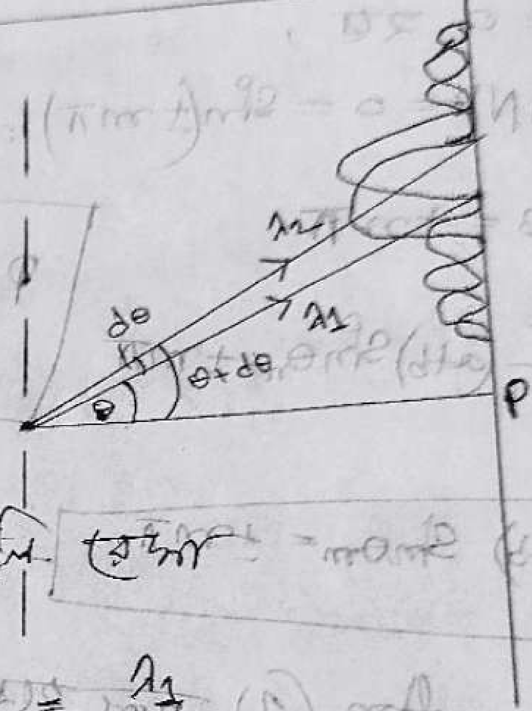
Cause, m এর মান $0, N, 2N, 3N$ হলে, $N\beta = \pm m\pi$ হতে

$\beta = 0, \pi, 2\pi$ থাকবে যেগুলো হলো maxima এর হওয়ার

Angle, তাই $\beta \neq 0, N, 2N, 3N$

Resolving Power of ~~greeting~~ grating

গ্রেটিং এর বিশ্লেষণী ক্ষমতা মোট রেখা সংখ্যার সমানুপাতিক।



সংজ্ঞা: বর্ণালির নিকটতম দুটি রেখাকে আলাদা করে দেখা যাবার ক্ষমতাকে গ্রেটিং বিশ্লেষণী বলে।

মনে করি λ_1 ও λ_2 দুটো বর্ণালি রেখা

$\therefore$ মোট বিশ্লেষণী ক্ষমতা $\dfrac{\lambda_1}{\lambda_2-\lambda_1} = \dfrac{\lambda_1}{d\lambda}$

$\therefore$ λ_1 slit এর জন্য আমরা পাবো

$(a+b)\sin\theta = n\lambda_1$

উভয় পক্ষকে N দ্বারা গুণ করে পাই,

$\boxed{N(a+b)\sin\theta = Nn\lambda_1}$ first maxima. (1)

∴ Condition for first minima,

$$N(a+b)\sin(\theta+d\theta) = m\lambda_1 \quad \text{--- (2)}$$

λ_2 তরঙ্গের maxima তে λ_1 তরঙ্গের minima পাওয়া যায়।

where, $m = 1, 2, 3 \ldots nN-1, nN+1 \ldots$

$m \neq 0, N, 2N, 3N \ldots nN$

∴ ~~ধরি~~, $\boxed{m = nN+1}$ --- (3)

$$\therefore N(a+b)\sin(\theta+d\theta) = (nN+1)\lambda_1 \quad \text{--- (4)}$$

∴ Condition for nth central max of λ_2 and multiply by (N)

$$N(a+b)\sin(\theta+d\theta) = Nn\lambda_2 \quad \text{--- (5)}$$

∴ (4 = 5)

let, $\lambda_1 = \lambda$

$\lambda_2 = \lambda + d\lambda$

$$\Rightarrow (nN+1)\lambda_1 = Nn\lambda_2$$

$$\Rightarrow (nN+1)\lambda = Nn(\lambda + d\lambda)$$

$$\Rightarrow \cancel{nN\lambda} + \lambda = \cancel{Nn\lambda} + Nn\,d\lambda$$

$$\Rightarrow \frac{\lambda}{d\lambda} = Nn \quad \Rightarrow \boxed{\frac{\lambda}{d\lambda} = nN}$$

$$\boxed{\frac{\lambda}{d\lambda} = \text{Resolving power}}$$

(Proved)

Diffraction Grating

P.T.G

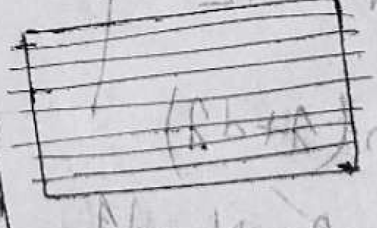
⊛ Plane transmission grating: একটি ~~কাচের~~ 1 cm কাঁচের মধ্যে 10000-15000 দাগ টানা হলে, যদি সেখানে যেই সমস্ত স্থান থাকে সেখান দিয়েই আলো। একত্রিত হয়ে diffraction হয় এবং সেই কাঁচটি মধ্যে 10000-15000 টা দাগ থাকে তাকেই plane transmission grating বলে।

⊛ Reflection Grating: একটি silver plate এর মধ্যে সমান্তরাল দাগ টানা হলো, সেই silver plate এর মধ্যে আলো ফেললে ঐ দাগ না দিয়ে আলো Reflect হতে হতে সেই diffraction দেখা যায়।

P.T.G

1cm এ 10k-15k দাগের এখানে হয়েছে

R.G



spectrum of greating

$$I = I_0 \left(\frac{\sin\alpha}{\alpha}\right)^2 \cdot \left(\frac{\sin N\beta}{\sin\beta}\right)^2$$

$\therefore I = I_0 N^2$ N যত বেশি হবে, ততবেশি intensity পাওয়া যাবে।

diffract greating equation

e → ছিদ্র প্রস্থ

d → বাধার প্রস্থ

$$\beta = \frac{\pi(e+d)\sin\theta}{\lambda}$$

$$\Rightarrow \pm n\pi = \frac{\pi(e+d)\sin\theta}{\lambda}$$

$$\Rightarrow \boxed{(e+d)\sin\theta = n\lambda}$$

→ equation of greating.

gring $(e+d)$ → element of greating

Math Problem

A diffraction grating has 5000 lines/cm. Calculate 2nd order angle if a wavelength of 650 nm is used as a light source.

দেয়া আছে, প্রতি cm এ light যায়, $N = (5000 \times 100)$ lines/m

$\therefore (a+b) = \frac{1}{N} = \frac{1}{5 \times 10^5} = 2 \times 10^{-6}$ m/line

ছিদ্র ও obstacle এর মোট ~~দৈর্ঘ্য দিয়ে~~, 2×10^{-6} হয় ~~দিয়ে~~ 1টি line ~~হবে~~

$\therefore (a+b) \sin\theta_2 = m\lambda$

$\Rightarrow \theta_2 = \sin^{-1}\left(\frac{2 \times 650 \times 10^{-9}}{2 \times 10^{-6}}\right)$

$\therefore \theta_2 = 40.5^\circ$ Ans

(4) A diffraction grating has 10000 lines/cm. If the third order bright fringe has an angle of 25 degrees. What is the wavelength of the light ~~source~~ source.

$\therefore$ $N = 10{,}000$ line/cm $= \cancel{10000 \times 100}$

$= \dfrac{1000 \text{ lines}}{1 \text{ cm}} \times \dfrac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}}$

$= 1 \times 10^{6}$ lines/m

$\therefore$ Grating constant $= (a+b) = d = \dfrac{1}{N} = \dfrac{1}{1\times10^{6}}$

$= 1\times10^{-6}$ m/lines

$\therefore$ 1 m দৈর্ঘ্য দিয়ে যেই পরিমাণ ~~...~~ line অতিক্রম করে তাকে grating constant বলে

$\theta_3 = 25^{\circ}$, $m = 3$

$\therefore$ $d \sin\theta_3 = 3\lambda \Rightarrow \lambda = \dfrac{1\times10^{-6} \times \sin 25}{3}$

$= 1.41 \times 10^{-7}$ m $\times \dfrac{1}{1\times10^{-9}}$ nm

$= 141$ nm

Important

The 2nd order bright fringe has an angle 18° it using a light source with wave length of 540 nm. How many lines per centimeter does diffraction grating have? And greating constant?

∴ ~~দেওয়া আছে~~

∴ formula

$(a+b) \sin\theta_n = n\lambda$

$\Rightarrow (a+b) \cdot \sin 18^\circ = 2 \times 540 \times 10^{-9}\ m$

$\Rightarrow (a+b) = \dfrac{1.08 \times 10^{-6}}{\sin(18^\circ)}\ m$

$\Rightarrow \underbrace{(a+b)}_{\text{greating constant in meter}} = 3.495 \times 10^{-6}\ m/\text{line}$

∴ but we need cm.

∴ $(a+b) = \dfrac{3.495 \times 10^{-6}\ m}{1\ \text{line}} \times \dfrac{100\ cm}{1\ m}$

$(a+b) = 3.495 \times 10^{-4}$ cm/line

$\Rightarrow (a+b)$ → Real grating ~~constant~~ element

∴ diffraction grating no. $= \frac{1}{a+b} = N$

$\Rightarrow N =$ ~~3~~ 2861 lines/cm

Grating constant

∴ Diffraction grating No. $N = \frac{1}{d} = \frac{1}{a+b}$

একক cm এ যে কয়টি আলোক ছিদ্র বা আলোর রেখা পাওয়া যায় তাকেই grating constant বলে। $N =$ grating constant $= \frac{1}{(a+b)}$

Grating constant ‖ Number of lines per unit length (cm).

$\frac{1}{\text{grating element}} = \frac{1}{a+b} = N =$ grating constant

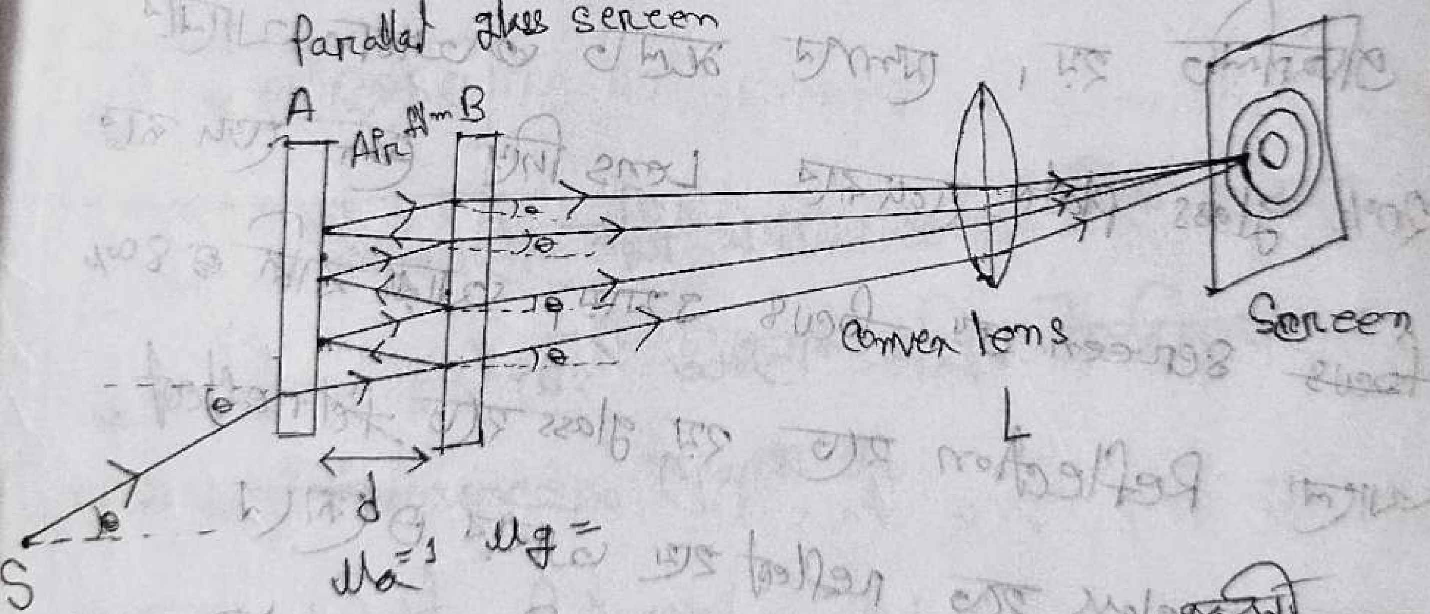
Fabri parot interferometer

একটি source of light, দুটো Parallel ~~gl~~ glass plate,

একটি ~~lense~~ lense ও Screen দিয়ে fabri parot interferometer

করা যায়, glass দিয়ে light ~~ref~~ incident ও

respect দুটোই হয়।



~~ব্যাখ্যা।~~ দুটো glass plate A, B নেয়া হলো যারা [একটিকে] আলোকে

আপতিত, প্রতিফলিত ~~প্রতিসরিত~~ করে. এবং plate দুটো

পরস্পর সমান্তরাল. Plate এর মধ্যবর্তী স্থানে ~~ফাঁকস্থান~~

স্থান আছে যেখান দিয়ে বাতাস প্রবাহমান। তাই
একে Air film বা thin film এর সাথে তুলনা
করলেও হয়। glass ~~A~~ A এবং B এর মধ্যবর্তী দূরত্ব
(d)। আপতিত আলো θ কোণে ~~a~~ film এ আপতিত হয়
fabri perot এ মূলত একটি আলোকরশ্মি একাধিক glass
plate এর সাথে ~~এর~~ দুই film এর মধ্যে আপতিত
ও প্রতিফলিত হয়। যেখানে মূলত ঐ আগত আলোর
20% glass plate ভেদ করে Lens দিয়ে ~~ভেদ~~ ভেদ করে
~~focus~~ screen এ focus হয়ে যায়। আর বাকি 80%
আলো Reflection হতে হয় glass হতে ~~fel~~ reflect
হয়ে ১ম glass হতে reflect হয়ে আবার θ কোণে
ঐ আলো 20% glass ভেদ করে বেরিয়ে যায়। এই ভাবে
দুই glass এর মধ্যে আলো বারবার Reflected ও
Transmitted হতে থাকে এবং বাহির হওয়া একাধিক আলো

মূলত convex lens এর মধ্যে এসে Screen এর focus এ পরে এবং এবং সেখানে বৃত্তাকার Interference দেখা যায়।

আমরা জানি, Path difference for thin film is

$\Delta p = 2\mu t \cos\theta$

$= 2 \times 1 \times d \times \cos\theta$] → for Febry perot

$$\boxed{\Delta p = 2d\cos\theta}$$

∴ এবং একাধিক আলোর রশ্মি যখন lens দিয়ে ফোকাসে আনা হয় তখন সেই আলোক রশ্মির উপরিপাতনের ফলে Interference দেখা যায়।

∴ For bright fringes

$2d\cos\theta = m\lambda$ $m = 0, 1, 2, 3 \ldots$

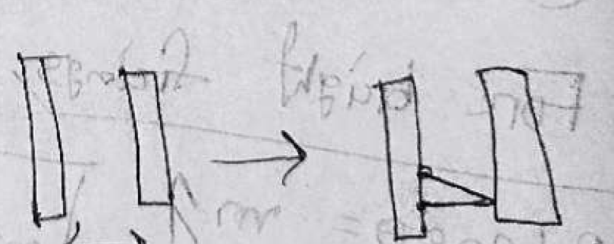
$\cos\theta = 1$ → Center point এ $\theta = 0$ হয়

$\Rightarrow \boxed{2d = m\lambda}$

আবার আমরা জানি Parallal glass plate গুলোকে Screw দ্বারা লাগানো থাকে। যার কারণে আমরা Screw গুলো ঘুরানো হলে ~~fri~~ ~~ep~~ circular fring এর pattern পরিবর্তন হয়।

ধরি, উপরন্তু glass plate গুলোকে ($\lambda/2$ distance পরিবর্তন / আলোক তরঙ্গের অর্ধেক distance) এ আনা হলে, 2d distance λ পরিবর্তন হয় কারণ অর্ধেক তরঙ্গকে glass B এবং বাকি অর্ধেক তরঙ্গ A তে ফিরে আসে তাই Path difference হবে λ, $\therefore$ যদি glass plate কে n_1 হতে n_2 তে পরিবর্তন ~~করা হয়~~,

তাহলে New path difference
for maxima,



$$\boxed{N\cdot\frac{\lambda}{2} = n_2 - n_1}$$

যেখানে, N = frings Number.

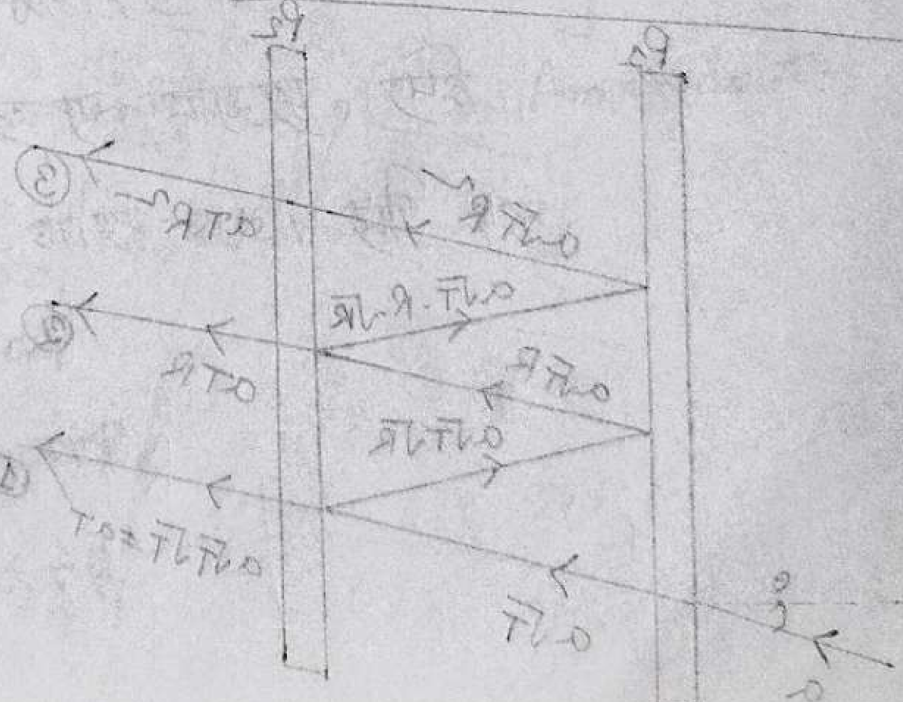
$$\boxed{\lambda = \frac{2(x_2 - x_1)}{N}}$$

Applications || ① আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য অনেক নিখুঁত ভাবে বের করা যায়।

② Telecommunication এর জন্য ব্যবহৃত হয়।

③ Zeeman effect এর জন্য মধ্য আলোর বর্ণালি রেখা নির্ণয়ে ব্যবহৃত।

④



Intensity for fabric-Parot Interferometer

∴ আমরা জানি,

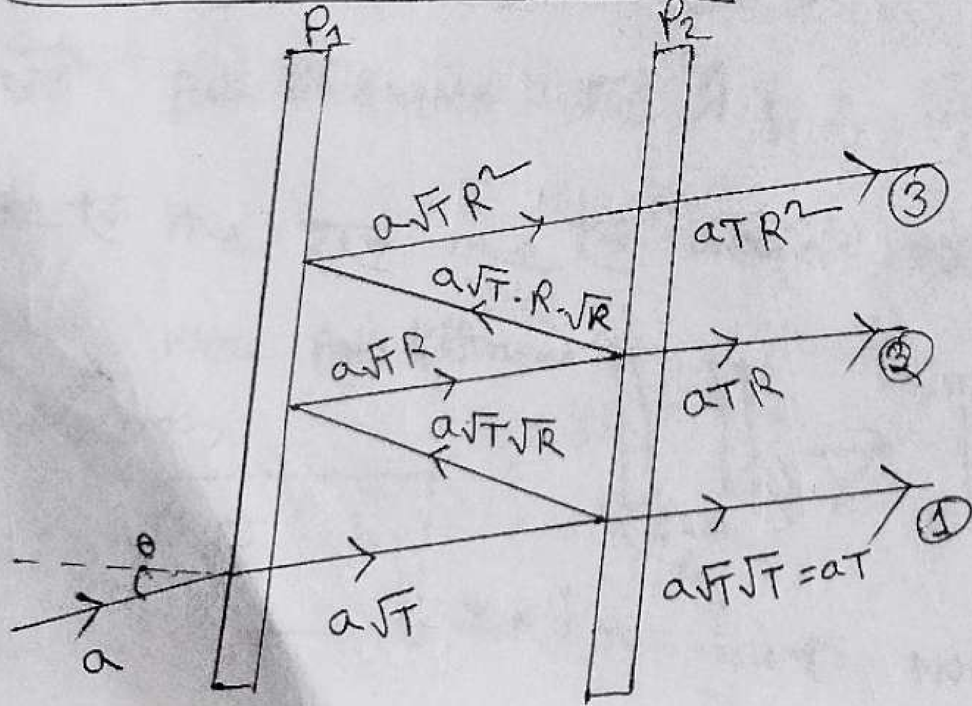
path difference, $= 2d\cos\theta$

↳ এখানে, d = glass plate এর মধ্যবর্তী দূরত্ব।

∴ phase difference,

$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \times \text{path difference}$$

$$\boxed{\delta = \phi = \frac{2\pi}{\lambda} \times 2d\cos\theta}$$



Transmitivity = T, = Transcription coffitient
প্রতিসরণ

Refrectivity = R = Reflection coffiecient
প্রতিফলন

<u>ব্যাখ্যা</u>॥ ~~আলো যখন~~ source হতে যেই আলোকের স্রু তার Amplitude = a, glass plate এর প্রতিসরণ ও প্রতিফলন গুণাঙ্ক T, R হলে, ~~আমরা বলে~~ ~~প্রতি বা~~ যে কয়বার a = Amplitude এর আলো প্রতিফলিত হবে সেই কয়বার a গুণ সাথে $\sqrt{R}$ গুণ হবে। কারণ Amplitude আসতে আসতে হ্রাস পাবে। আবার যে কয়বার আলো প্রতিসৃত হবে সেই কয়বার আলো a এর সাথে $\sqrt{T}$ গুণ হবে।

উপরের চিত্র হতে দেখা যাচ্ছে যে, সেই Amplitude এর ~~ওপর~~ work করিয়ে হচ্ছে। ধরি হলে,

(1) $\longrightarrow aT$

(2) $\longrightarrow aTR$

(3) $\longrightarrow aTR^2$

যে কোনো wave এর exponential equation আকারে হয়

$y = Ae^{i\omega t}$

এখানে
ωt = phase
A = Amplitude

∴ n সংখ্যক প্রতিসৃত আলোর wave এর মোট equation,

$$y' = y_1 + y_2 + y_3 + \dots$$

$$\Rightarrow y' = aTe^{i(\omega t - 0\delta)} + aTRe^{i(\omega t - \delta)} + aTR^2 e^{i(\omega t - 2\delta)} + \dots$$

$$\Rightarrow y' = aTe^{i\omega t}\left[1 + Re^{-i\delta} + R^2 e^{-i2\delta} + \dots\right]$$

$$\Rightarrow y' = aTe^{i\omega t}\left[\frac{1}{1 - Re^{-i\delta}}\right]$$

$$\Rightarrow y' = aTe^{i\omega t} \cdot \frac{1}{1 - Re^{-i\delta}}$$

$$\Rightarrow y' = \frac{aTe^{i\omega t}}{1 - Re^{-i\delta}} \quad \text{——— (1)}$$

formula for ~~গুণোত্তর ধারার~~,

$$S_n = \frac{\text{১ম পদ}}{1 - \text{২য় পদের অনুপাত}}$$

$$S_n = \frac{a}{1 - r}$$

$a = 1$, $r = \frac{Re^{-i\delta}}{1} = Re^{-i\delta}$

Complex
∴ y' এর conjugate হবে,

$$\bar{y}' = \frac{aTe^{-i\omega t}}{1-Re^{+i\delta}}$$ [i এর symbol change হবে]

$$\Rightarrow \bar{y}' = \frac{aTe^{-i\omega t}}{1-Re^{i\delta}} \quad \text{(ii)}$$

∴ দুটি ~~conjugate~~ & Resultant Intensity
(i) x (ii) করে,

$$I = y'^{*}y' = \left[\frac{aTe^{i\omega t}}{1-Re^{-i\delta}}\right]\left[\frac{aTe^{-i\omega t}}{1-Re^{i\delta}}\right]$$

$$\Rightarrow I = \frac{a^2T^2 \cdot e^{i\omega t} \cdot \frac{1}{e^{i\omega t}}}{1-Re^{-i\delta}-Re^{i\delta}+R^2 \cdot e^{i\delta} \cdot \frac{1}{e^{i\delta}}}$$

$$\Rightarrow I = \frac{a^2T^2}{1+R^2-Re^{-i\delta}-Re^{i\delta}} \quad \text{(iii)}$$

আমরা জানি,

formula, $e^{i\theta} = \cos\theta + i\sin\theta$

$e^{-i\theta} = \cos\theta - i\sin\theta$

$$\therefore I = \frac{a^2T^2}{1+R^2 - R\cos\delta + Ri\sin\delta - R\cos\delta - Ri\sin\delta}$$

$$\Rightarrow I = \frac{a^2T^2}{1+R^2 - 2R\cos\delta}$$

$$\Rightarrow I = \frac{a^2T^2}{1+R^2 - 2R\left(1-2\sin^2\delta/2\right)}$$

formula

$2\sin^2\theta = 1 - \cos2\theta$

$\Rightarrow \cos2\theta = 1 - 2\sin^2\theta$

$$\Rightarrow I = \frac{a^2T^2}{1+R^2-2R+4R\sin^2\delta/2} = \frac{a^2T^2}{1-2\cdot1\cdot R+R^2+4R\sin^2\delta/2}$$

$$\Rightarrow \boxed{I = \frac{a^2T^2}{(1-R)^2 + 4R\sin^2\delta/2}}$$

→ Resultant Intencity eqvation

(iii)

∴ আমরা maximum intencity পাবো।

[যদি $\left[1+\frac{4R}{(1-R)^2}\sin^2\delta/2\right.$ এখানে $\sin^2\delta/2 = 0$ হয়]

$$I = \frac{a^2T^2}{(1-R)^2\left[1+\frac{4R\sin^2\delta/2}{(1-R)^2}\right]}$$

∴ $\sin^2\delta/2 = 0$ হলে, $[1+0]$

$$I_{max} = \frac{a^2T^2}{(1-R)^2[1+0]}$$

$$\Rightarrow I_{max} = \frac{a^2T^2}{(1-R)^2}$$

$\sin^2\delta/2 = 1$ হতে হবে

∴ minimum intensity পাওয়ার জন্য,

$\sin^2\delta/2 = 1$

$$\therefore I_{min} = \frac{a^2T^2}{(1-R)^2\left[1+\frac{4R}{(1-R)^2}\cdot 1\right]}$$

$$= \frac{a^2T^2}{(1-R)^2 + 4R\cdot\frac{(1-R)^2}{(1-R)^2}}$$

$$\Rightarrow I_{min} = \frac{a^2T^2}{(1-R)^2 + 4R}$$

$$\Rightarrow I_{min} = \frac{a^2T^2}{1^2 - 2R + R^2 + 4R} = \frac{a^2T^2}{1^2 + 2.R. + R^2}$$

$$\Rightarrow I_{min} = \frac{a^2T^2}{(1+R)^2}$$

$$\therefore \boxed{\frac{I_{max}}{I_{min}} = \frac{(1+R)^2}{(1-R)^2}}$$

→ Relation between minima and maxima for fabri-parot interference for N transmitted wave, where R = Refreectivity

আবার আমরা পাই, Resultant Intensity equation

$$I = \frac{a^2T^2}{(1-R)^2 + 4R\sin^2\delta/2}$$

$$\Rightarrow I = \frac{a^2T^2}{(1-R)^2\left[1 + \frac{1}{(1-R)^2}.4R\sin^2\delta/2\right]}$$

$$\Rightarrow \boxed{I = \frac{I_{max}}{1 + \frac{4R\sin^2\delta/2}{(1-R)^2}}}$$

$\therefore$ Coefficient of finesse, $(F) = \frac{4R}{(1-R)^2}$

Interference এর fringes এর Shape বুঝায়,

F যত বেশি fringes এর Shape তত বেশি, এর মান

$F = (0 < F < 1)$

$$\therefore \frac{I}{I_{max}} = \frac{1}{1+F\sin^2\delta/2}$$ where, $F = \frac{4R}{(1-R)^2}$

$\Rightarrow$ coefficient of finess

$$\Rightarrow \frac{I_{max}}{I_{min}} = \frac{(1+R)^2}{(1-R)^2}$$

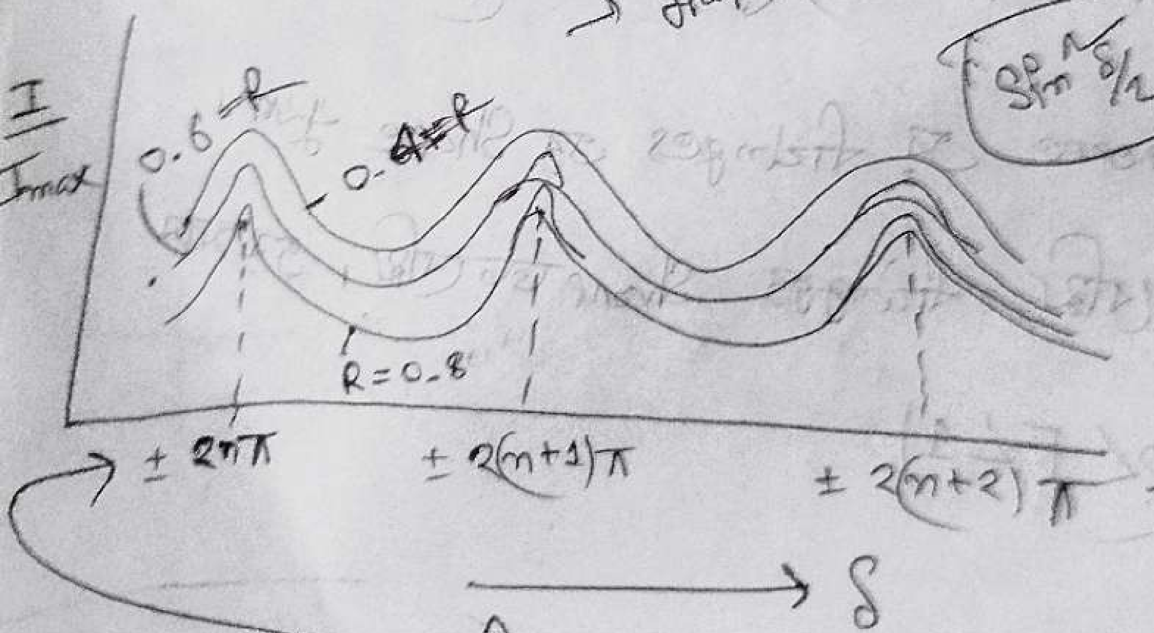
$R=0.4$, $\frac{I_{min}}{I_{max}} = 0.18$

$R=0.6$, $\frac{I_{min}}{I_{max}} = 0.06$

$R=0.8$, $\frac{I_{min}}{I_{max}} = 0.01$

$\rightarrow$ graph from (eq = x)

$\sin^2\delta/2$



~~fore~~ brigh fringes

$\sin\frac{\delta}{2}=0$ point এই আমরা maximum intensity পাব

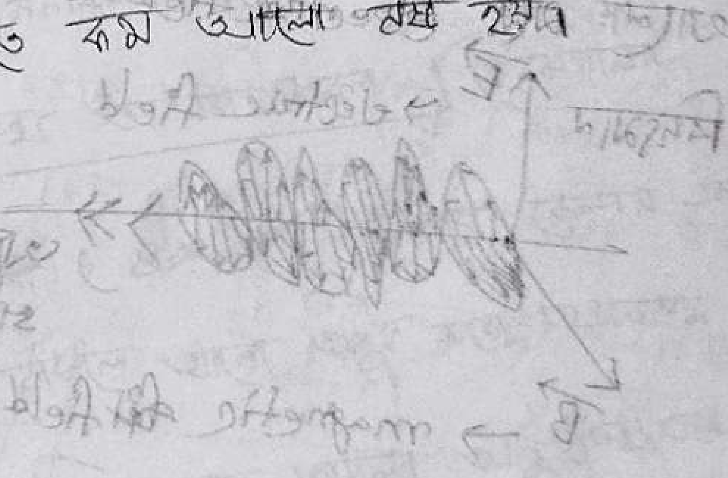
$\Rightarrow \sin\frac{\delta}{2} = \sin \pm m\pi$

$\Rightarrow \frac{\delta}{2} = \pm m\pi$

$\Rightarrow \delta = \pm 2m\pi$ ---- $m = 0, 1, 2 \ldots$

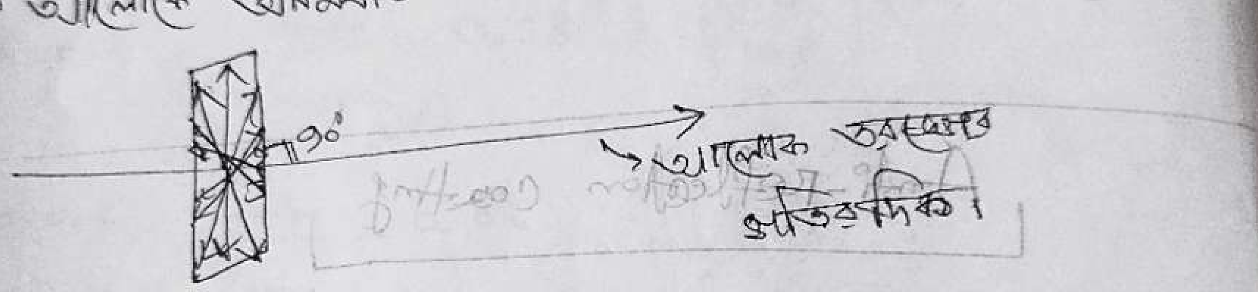
Anti-Reflection coating

প্রতিফলন প্রতিরোধী আবরণ = উক্ত যা একাধিক তরঙ্গদৈর্ঘ্যের প্রতিফলনকে কম করে এবং ব্যবহৃত লেন্সের পৃষ্ঠে ব্যবহার করা হয় যাতে কম আলো নষ্ট হয়।



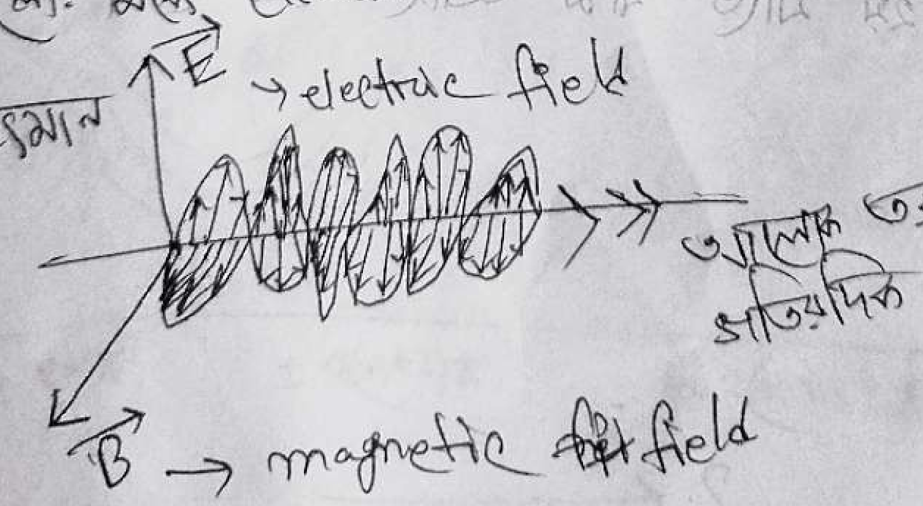
Unpolarized Light | অসমবর্তিত আলো।

আলোক তরঙ্গের গতির অভিমুখের অভিলম্ব তলের মধ্যে কনাগুলো যদি বিভিন্ন দিকে আন্দোলিত হয় তবে ঐ আলোকে অসমবর্তিত আলো বলে।



Polarized light | সমবর্তিত আলো

আলো এক প্রকার electromagnetic wave, অর্থাৎ আলোর মধ্যে electric field ও magnetic field বিদ্যমান



আলোক তরঙ্গের গতির অভিমুখে অভিলম্ব তলে মাধ্যমের কণাগুলো যদি ~~বিভিন্ন~~ ~~দিকে~~ একদিকে আন্দোলিত হয় তবে ঐ আলোকে ~~আংশিক~~ সমবর্তিত আলো বলে।

সমবর্তন তল। আলোকরশ্মির গতির অভিমুখে এবং কম্পন তলের অভিলম্ব ভাবে কল্পিত তলকে সমবর্তন তল বলা হয়।

কম্পন তল। যে সমবর্তিত আলোর আন্দোলন বা কম্পন যে তলে সম্পন্ন হয় তাকে কম্পন তল বলে।

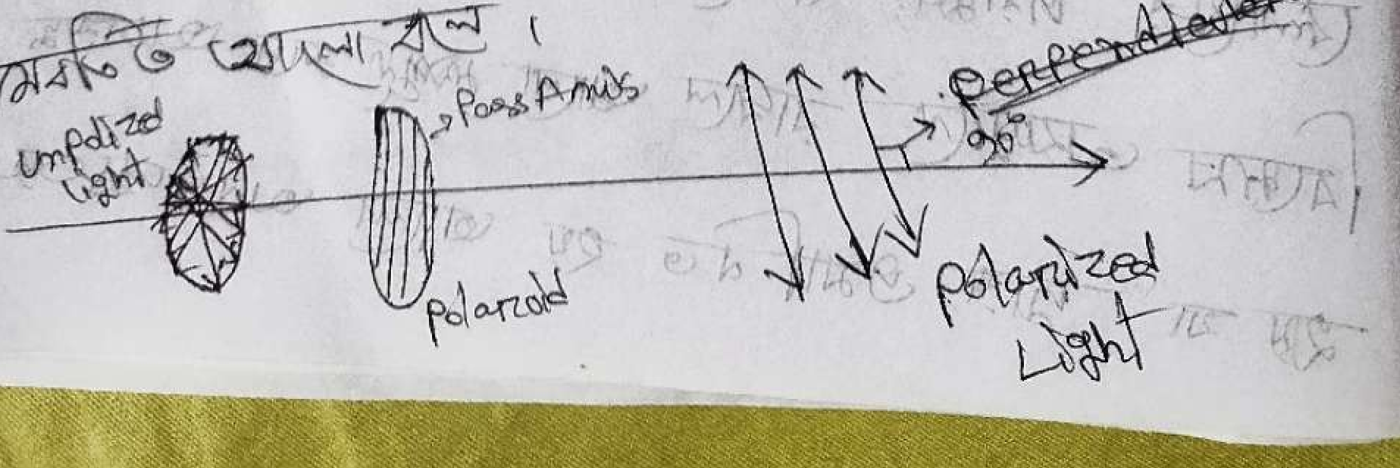
সমবর্তন ~~কাকে~~ কাকে বলে। আলোক তরঙ্গের সম্মুখীন বিস্তৃত আন্দোলনকে একটি নির্দিষ্ট তলে বিশেষ দিকে সীমাবদ্ধ করাকে আলোর সমবর্তন বলে।

আলোক তরঙ্গ অনুপ্রস্থ তা প্রমাণ কর। ট্যুরমালিন কেলাসের পরীক্ষায় হয় (প্রথম 2nd ~~কেলাসের~~ কেলাস একটি বিক্ষেপ অবস্থানে রাখলে আলো সম্পূর্ণ রূপে অবরুদ্ধ হয় যা দ্বারা প্রমাণিত হয় আলো অনুপ্রস্থ তরঙ্গ

যদি অনুদৈর্ঘ্য হতো তাহলে শুধু একটি কোনাকে
নির্দিষ্ট হত।
সকল আলো গুলো সমান্তরালভাবে বলা যাবে যে
অনুপ্রস্থ তরঙ্গের সাপেক্ষে বলা যাবে যে
আলোক তরঙ্গগুলো আলোক তরঙ্গের ক্ষেত্রে
অভিলম্ব ~~বরাবর কম্পন দেয় এবং~~ তলে সেখানেই
ভাবে ~~কণা~~ সমবর্তিত হয়।

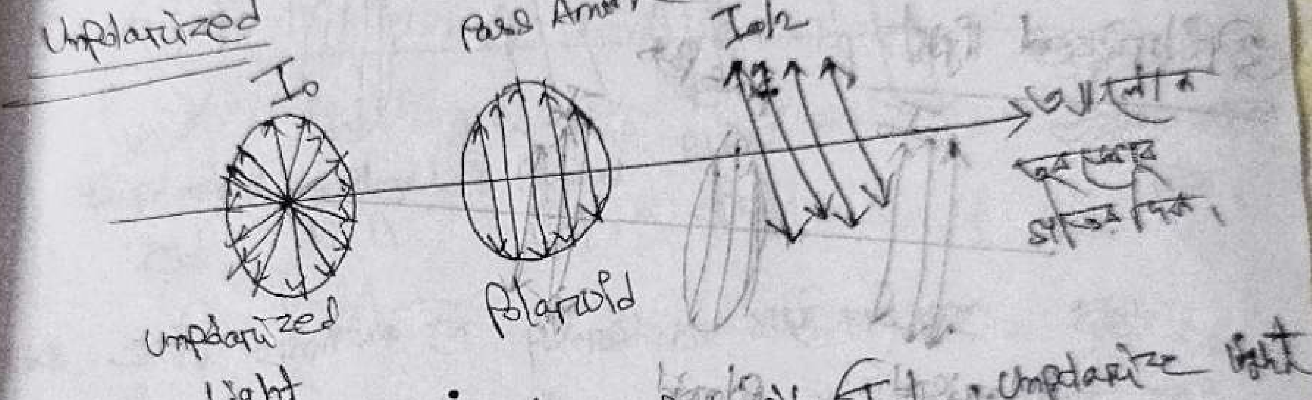
সমবর্তিত ও অসমবর্তিত আলোর মধ্যে পার্থক্য |

~~সম~~ সমবর্তিত আলো | আলোক তরঙ্গের গতির অভিমুখে
অভিলম্ব তলের সকল কণা গুলো যদি শুধুমাত্র
একটি দিক ($\vec{E}$) এর দিক বরাবর কম্পন দেয়
তবেই সেই একদিকেই কম্পন দেয়া আলোকেই
সমবর্তিত আলো বলে।



Polarized light আলোক তরঙ্গের দিকের সাথে 90° কোণে থাকে।

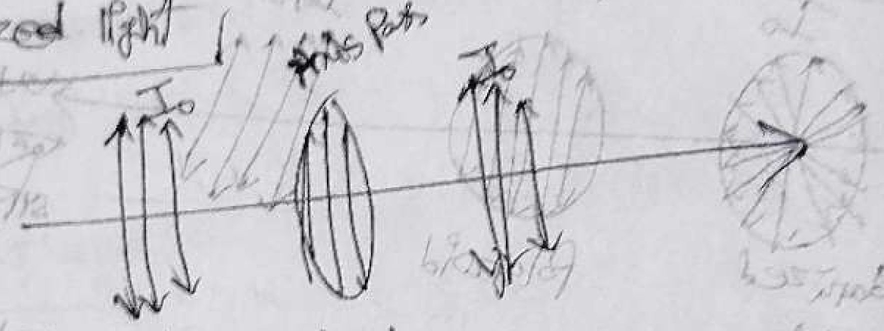
প্রশ্ন: Polaroid ব্যবহার করে Unpolarized & Polarized light এর ব্যাখ্যা ব্যাখ্যা কর?



ব্যাখ্যা: Unpolarized light এর intensity (I_0). Unpolarize light এর intensity (I_0). একে Polaroid এর মধ্যে দিয়ে অতিক্রম করালে ~~সেই~~ সেই আলোক ~~এর~~ ... পাওয়া যাবে তার intensity $(I_0/2)$ হবে। ~~খুব লক্ষ করাবার~~ ~~জন্য~~ আলো চলে আলোক তরঙ্গের সাথে আসবে। ~~সেই সকল কণা~~ ... ∴ যদি ~~90°~~ কণা তারে ~~সমান্তরাল থাকবে তারা বাদ যাবে।~~ তবে 50 ভাগ বাদ যাবে ~~Polaroid এর Angle Change করলে~~

Polaroid এর Angle যদি পরিবর্তন করা হয় তাহলে,
লম্ব কম্পনকারী যেসব কম্পন ছিল তা বাদ যাবে এবং Horizontal
মাত্র কম্পন যেগুলো তারা থাকবে তাই Intensity
Same থাকবে। ($I_0/2$)

② Polarized light



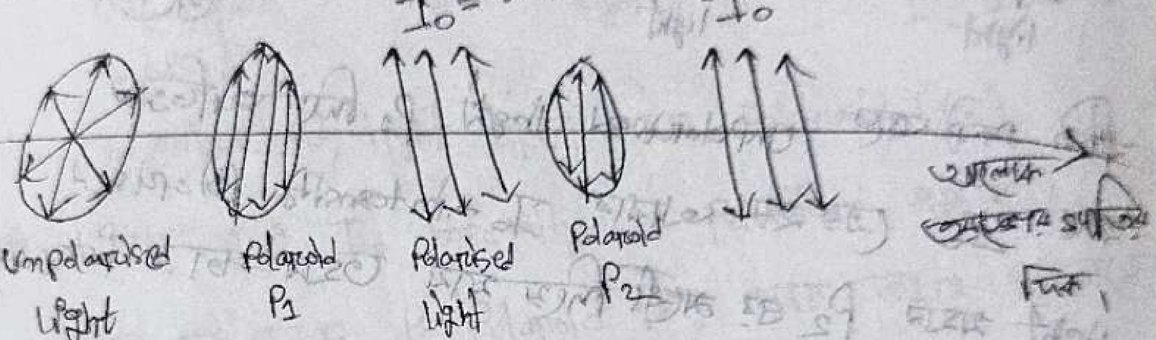
Polarized light কে Polaroid এর মধ্যদিয়ে অতিক্রম করালে
Intensity Same থাকবে। কিন্তু যদি Polaroid
এর Angle পরিবর্তন হয় তবে যখন Polarised
light বাদ যাবে আর লম্বকম্পনকারী কম্পন শুধু তখন
যাবে Axis Pass হয় এর Intensity Zero
থাকবে, $I_0 = 0$

Intensity of polarised light when it passes through a polaroid

Case 1 || $\theta = 0^\circ$

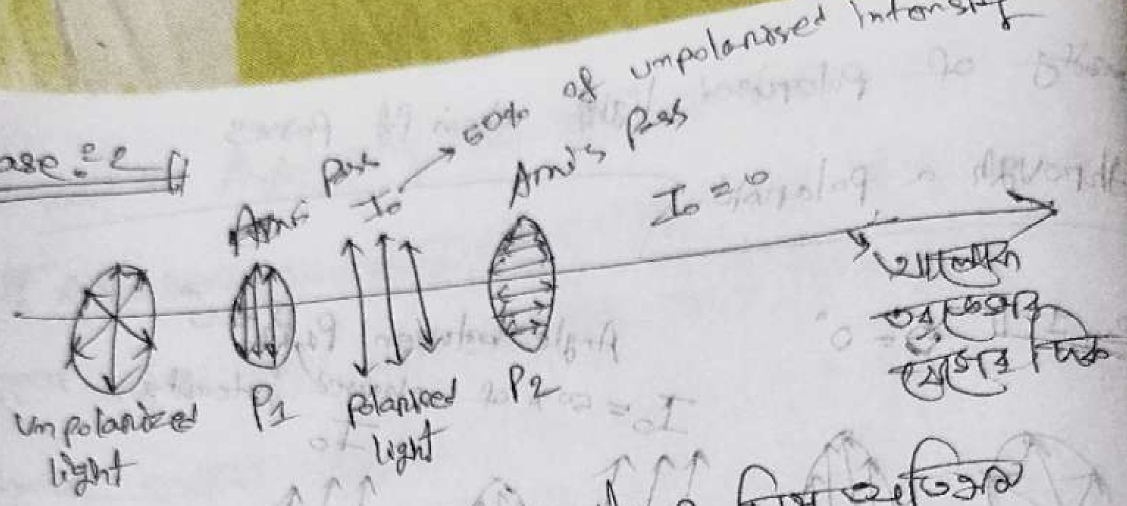
Angle between $P_1, P_2 = 0^\circ$

$I_0 = 50\%$ of unpolarised intensity



যখন একটি আলোকরশ্মি কে polaroid এর মধ্যে পাঠানো হলো, Unpolarised light এর Intensity অর্ধেক হয়ে I_0 এবং হয় যেটি Polarised light এর Intensity, ঐ light কে আবার Polaroid P_2 দিয়ে অতিক্রম করালে আমরা পূর্বে I_0 Intensity ই পাবো কারণ P_1, P_2 এর Angle difference 0°।

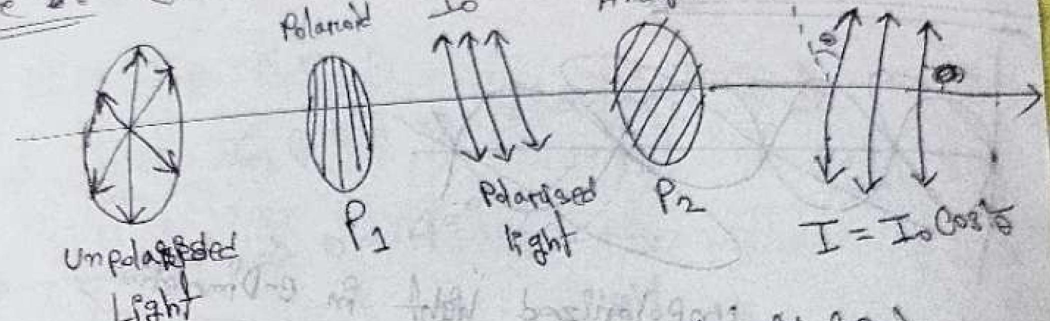
Case : 2



~~ঠিক~~ একই ভাবে unpolarized light P_1 দিয়ে অতিক্রম ~~করে~~ I_0 যেয় হয় আবার $I_0 \rightarrow$ intensity polarised light যখন P_2 এর মধ্যে দিয়ে যায় তখন তার intensity zero, $I_0 = 0$ হয়, কারন P_1 ও P_2 এর Angle difference $= 90^\circ$ যার কারনে ~~যখন~~ polarized light এর কম্পন ও ~~unpolarize~~ P_2 এর ~~A~~ মধ্য দিয়ে যাওয়ার ~~[illegible]~~ সময়, $I_0 = I_0 \cos 90^\circ = 0$ হয়

ফলে আর কোনো আলোক তরঙ্গ পাওয়া যায় না, এরূপই intensity zero.

Case 3: কোন Polariser $\rightarrow$ 50% of unpolarised Intensity



দিয়ে, Unpolarised light গুলো যখন polaroid (P_1) দিয়ে পাস করে তখন I_0 intensity এর polarised পাওয়া যায়। আবার যখন P_2 Polaroid দিয়ে যায় তখন θ কোণে Amplitude গুলো বেঁকে যায় আর সেই intensity পাওয়া যায়

$$\boxed{I = I_0 \cos^2\theta}$$

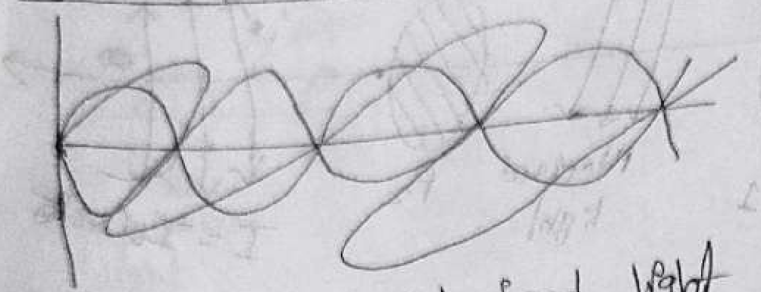
~~[illegible]~~ সমতলে

Analyser দিয়ে আলোক তরঙ্গ ~~এক~~ কোণে ~~Polaroid~~

New intensity ~~θ কোণে~~ অভিলম্বের সাথে

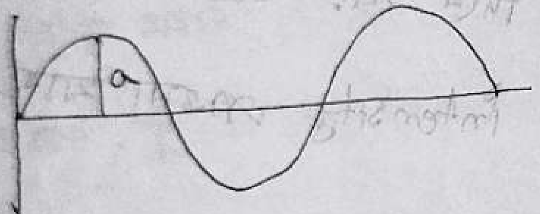
θ কোণে বেঁকে যায়

Malus law Proof //



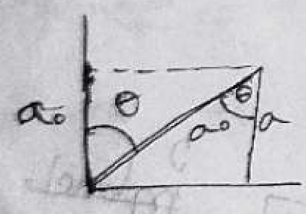
Unpolarized light in 3-Dimension

Unpolarized light to polarised light



$\therefore$ Intensity of light

$I \propto a^2$



$\therefore$ এখানে, a_0 Amplitude কে যদি θ কোনে ঘোরালে হয় তবে New amplitude (a) হয়।

$\therefore \cos\theta = \frac{a}{a_0} \Rightarrow a = a_0 \cos\theta$

$\Rightarrow a^2 = a_0^2 . \cos^2\theta$

$\Rightarrow \boxed{I = I_0 \cos^2\theta}$ → Malus law.

I = θ কোনে ঘোরাবার পর Intensity

I_0 = maximum Intensity

কত Degree কোনে Intensity অর্ধেক হবে?

$\therefore I = I_0 \cos^2\theta$

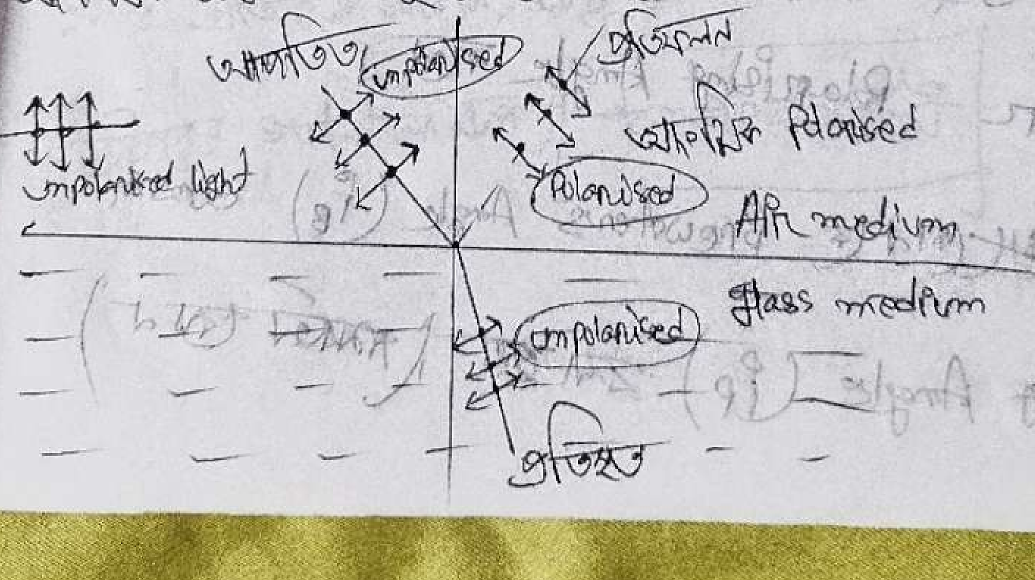
$\Rightarrow \frac{I_0}{2} = I_0 \cos^2\theta \Rightarrow \cos\theta = \sqrt{\frac{1}{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$

$\Rightarrow \cancel{\theta = 60^\circ} \Rightarrow \theta = 45^\circ$

We can control the intensity of light by ~~using~~ the changing angle between two polaroid.

Polarisation by Reflection

যখন কোনো আলোক রশ্মি, কোনো স্বচ্ছ মাধ্যম যেমন গ্লাস হতে প্রতিফলিত হয়, তখন ~~প্রতিফল~~ প্রতিফলিত রশ্মি গুলি আংশিক ভাবে আপতন তলের সাথে সমাবর্তিত হয়।

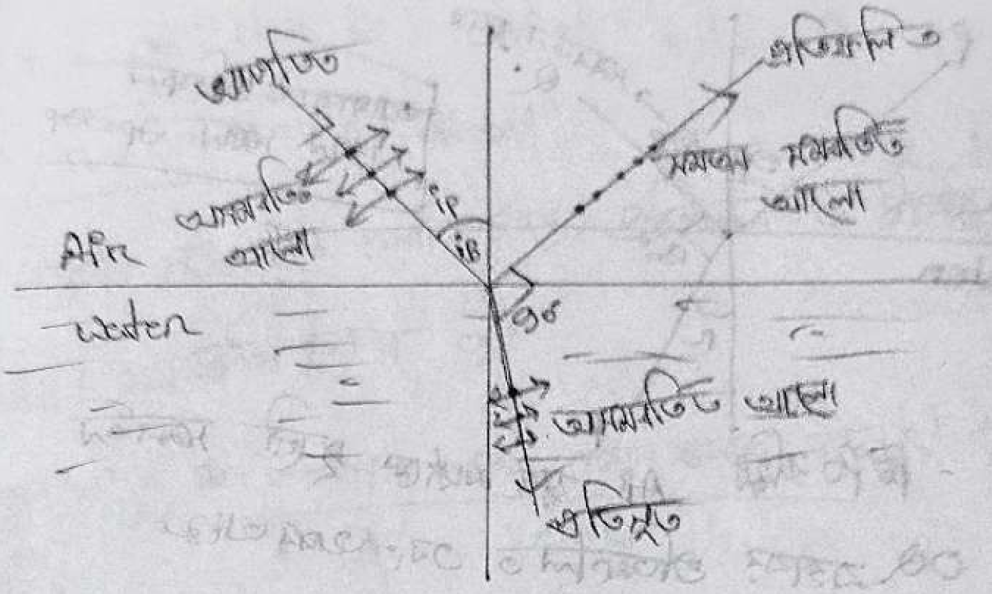


Brewster's Law

আমরা জানি, কোনো আলোক রশ্মি যখন কোনো স্বচ্ছ মাধ্যম যেমন glass হতে প্রতিফলিত হয় তখন প্রতিফলিত রশ্মি ভুলো আংশিক ভাবে আনুভূমিকের সাথে প্রতিফলিত হয়।

কিন্তু Brewster's law অনুযায়ী, এমন একটি Angle আছে, যেই Angle এ আলোক রশ্মির আপতিত হলে, প্রতিফলিত রশ্মি সম্পূর্ণ (Polarised) বা সমবর্তিত হবে), এবং প্রতিফলিত ও প্রতিসৃত রশ্মির মধ্যবর্তী কোন 90° হবে। একে Brewster's law বলে। এবং আপাতন কোন কে Brewster's Angle or Polarising Angle বলে।

আপতিত কোন কে Brewster's Angle (i_B) অথবা Polarising Angle (i_P) বলা হয় (সমবর্তন কোন)

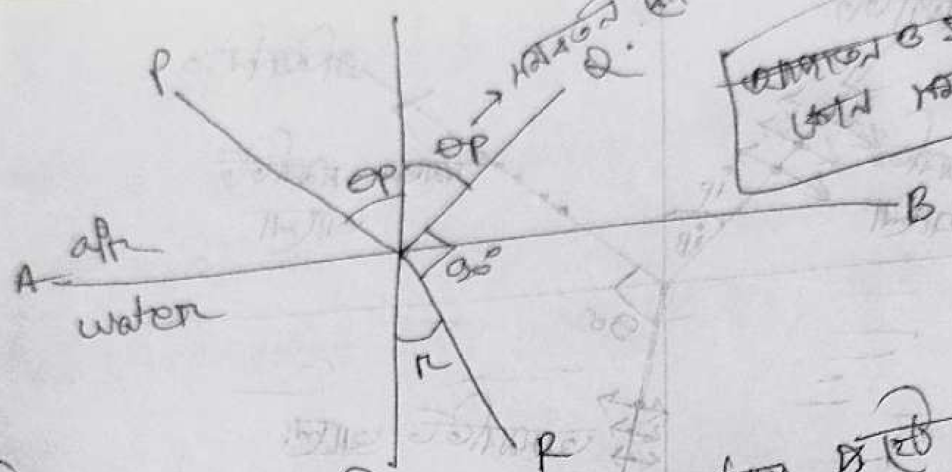


Problem ব্রুস্টারের সূত্র বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর।

সূত্র॥ সমবর্তন কোণের tangent সংখ্যামান ভাবে প্রতিফলক মাধ্যমের প্রতিসরাংকের সমান।

∴ প্রতিফলক মাধ্যম, $_a\mu_g$ ও সমবর্তন কোণ θ_p হলে

ব্রুস্টারের গাণিতিক রূপ, $\boxed{\tan\theta_p = {}_a\mu_g}$



আপতন ও প্রতিফলন কোণ সমান $\theta_p = \theta_p$

ধরা যাক, PO রশ্মি AB স্বচ্ছ মাধ্যমে দুটি সমবর্তন কোণে OQ বরাবর প্রতিফলিত এবং অপর অংশ OR বরাবর মাধ্যমে প্রতিসৃত হয়।

সমবর্তন কোণ θ_p এবং প্রতিসরণ কোণ (r) হলে ব্রুস্টারের সূত্রানুসারে,

$$_a\mu_g = \tan\theta_p$$

$$\Rightarrow \frac{\sin\theta_p}{\sin r} = \frac{\sin\theta_p}{\cos\theta_p}$$

$$\Rightarrow \sin r = \cos\theta_p$$

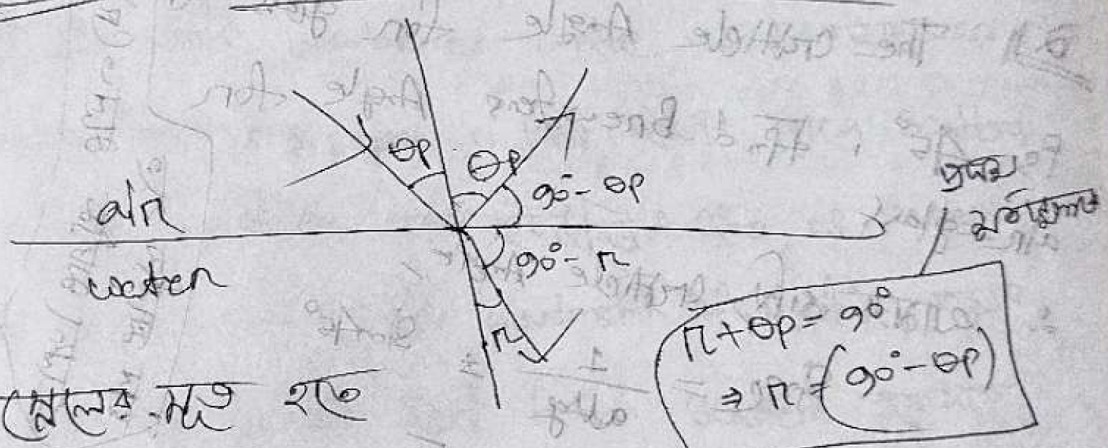
$$\Rightarrow \sin r = \sin(90-\theta_p)$$

$\Rightarrow r = 90° - \theta_p$

$\Rightarrow \boxed{r + \theta_p = 90°}$ । Proved।

∴ ব্রুস্টারের সূত্র হতে প্রমাণিত হয়, প্রতিফলিত ও প্রতিসৃত রশ্মির মধ্যবর্তী কোণ $90°$

আবার যদি, $\tan\theta_p = {}_a\mu_g$ প্রমাণ করতে বলে ঃ



∴ স্নেলের সূত্র হতে

$${}_a\mu_g = \frac{\sin\theta_p}{\sin r} \Rightarrow \frac{\mu_g}{\mu_a} = \frac{\sin\theta_p}{\sin r} = \frac{\sin\theta_p}{\sin(90-\theta_p)}$$

$$\Rightarrow {}_a\mu_g = \frac{\sin\theta_p}{\cos\theta_p} = \tan\theta_p$$

∴ $\tan\theta_p = {}_a\mu_g$ Proved

Q) The Refractive index of water ~~to air is~~ $4/3$ find the Polarising angle ?

$\therefore \tan\theta_P = {}_a\mu_g = \frac{\mu_g}{\mu_a} = \frac{4/3}{1}$

$\Rightarrow \theta_P = \tan^{-1}\left(4/3\right) = 53^\circ$ Ans

Q) The critical Angle for glass air is 45°. Find Brewster's Angle for air – glass.

$\therefore$ আমরা জানি, critical Angle,

$\sin C = \frac{1}{{}_a\mu_g} = \sin 45^\circ$

$\Rightarrow {}_a\mu_g = \sqrt{2}$

$\therefore \tan i_P = \mu$

$\Rightarrow i_P = \tan^{-1}(\sqrt{2})$ Ans

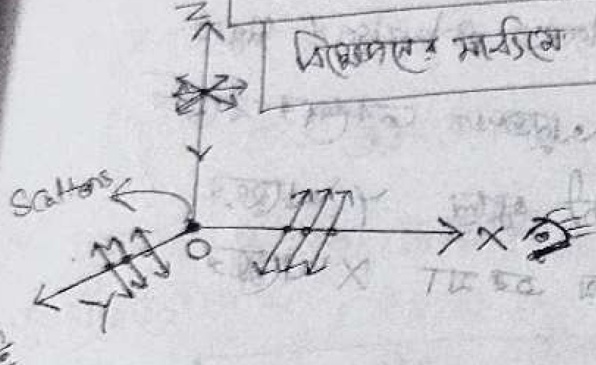
যার সাপেক্ষে
ঘনতর মাধ্যমের Critical Angle

$${}_a\mu_g = \frac{1}{{}_g\mu_a}$$

$${}_a\mu_g = \frac{1}{\sin C}$$

Polarization by scattering

বিচ্ছুরণের মাধ্যমে আলোর সমবর্তন



Scatters = XYZ axis এর মিলনস্থল O point এ আমরা একটি (অনু বা পরমাণু) scatterer রাখা হয়েছে।

ব্যাখ্যা: একটি unpolarized white আলোকরশ্মিকে যখন Z অক্ষের উপর হতে ~~কোন~~ O point, অর্থাৎ কোনো Scatterers এর উপর আপতিত করা হয়। (বিঃদ্রঃ Size of Scatters should be comparable to wavelength of light), তখন Unpolarized white light beam Scatters হয়ে যায় X ও Y অক্ষের বরাবর। যখন আমরা X অক্ষ বরাবর তাকিয়ে থাকি তখন আলোর অনুপ্রস্থ তরঙ্গের বৈশিষ্ট্যের কারণে ~~এর~~ plane polarised light দেখতে পাই যা X অক্ষের সাথে লম্ব ও Y অক্ষের সাথে সমান্তরালে অবস্থান করে।

আবার যখন আমরা Y অক্ষ হতে scatter
পরিলক্ষণ করি তখন plane polarised light
দেখতে পাই, cause of অনুভূমিক কম্পনের বীমের
কারণে। উক্ত polarised light শুধু Y অক্ষের
সাথে লম্ব ভাবে কম্পন দেয় অর্থাৎ যা X অক্ষের
সমান্তরালে অবস্থান করে।

এই ভাবেই এটা দেখা যায় যে, একটি শূন্যস্থান অণুর
একক অনুপাত যার ত আকারে আপতিত সাদা আলোর বীমের
তরঙ্গের সমান, বীম কে যখন শূন্যস্থান অণুর উপর
লম্ব ভাবে আপতিত করানো হয় তখন আমরা
X ও Y অক্ষের সাথে plane polarized
light দেখতে পাই, By the process of
scattering, (scattering) এর মাধ্যমে আমরা
বিক্ষেপন
unpolarized আলোকে polarized হতে দেখতে পাই।

Snell's law || A মাধ্যমের বেগ (V_A), আপতন কোণ (θ_A), প্রতিসরাঙ্ক μ_A । B মাধ্যমের বেগ (V_B), প্রতিসৃত কোণ (θ_B) এবং প্রতিসরণাঙ্ক μ_B হলে ।

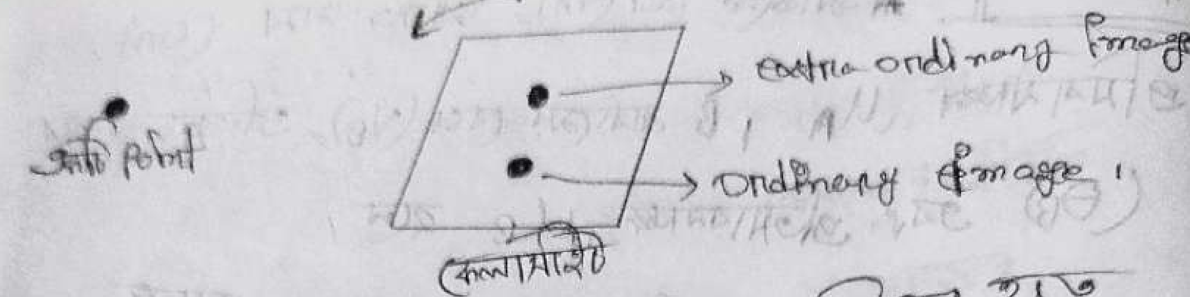
যদি আলো A হতে B মাধ্যমে যায় । তাহলে স্নেলের সূত্রানুসারে

$$\boxed{{}_A\mu_B = \frac{\mu_B}{\mu_A} = \frac{\sin\theta_A}{\sin\theta_B} = \frac{V_A}{V_B}}$$ Important

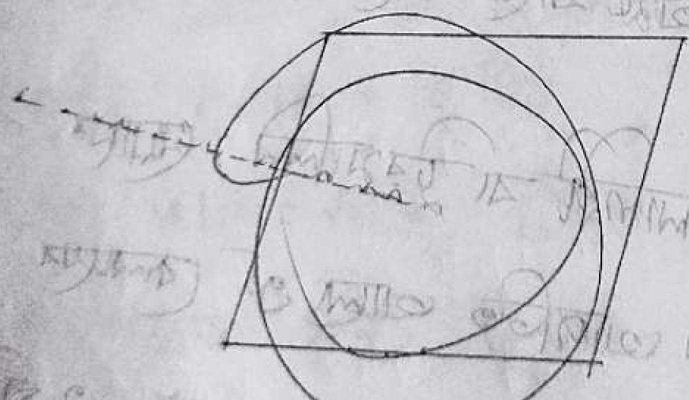
Double (Reflection or Crystal) | Birefringence

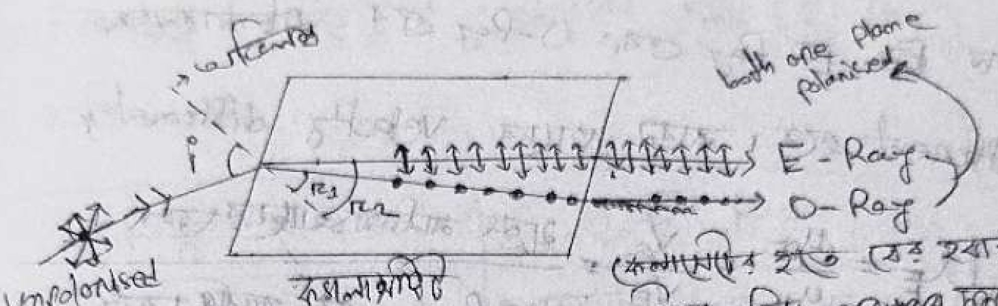
যে সকল কেলাসের একটি করে অক্ষ থাকে তাদেরকে এক অক্ষীয় কেলাস বলে।

অসমবর্তিত আলো যখন ক্যালসাইট বা টুরমালিন কেলাসের মধ্যে আপতিত হয় তখন আপতিত আলো ঐ কেলাসের মধ্যে প্রতিসরণের সময় দুটি বীমে ভাগ হয়ে যায় । এ ঘটনাকে দ্বি-প্রতিসরণ / Double Reflection বলে।



একটি চিন্হ এর উপর ক্যালসাইট রাখলে। উপর হতে একটি চিন্হ এর দুটি ছবি দেখা যায়। একটি (E-image) অপরটি (O-image)। উপরের ক্যালসাইটকে Anti clock ঘুরানো হলে (O-image) স্থির থাকবে এবং (E-image) ঘূর্ণায়মান থাকিবে।





ক্যালসাইট
কেলাস

কেলাসটির হতে বের হবার পর উভয় রশ্মি পরস্পরের সমান্তরাল থাকিবে,

ব্যাখ্যা: ~~একটি আলোকের~~ একটি অসমবর্তিত আলোকের রশ্মি রশ্মিকে i কোণে ক্যালসাইট কেলাসে আপতিত করা হলে যাদের সেখান হতে দুটি Plan polarized রশ্মি বের হবে। অভিলম্বের সাপেক্ষে প্রতিসৃত কোণ r_1, r_2। $r_2 > r_1$। এখানে r_2 কোণে যেই রশ্মি প্রতিসৃত হচ্ছে সেটি E-Ray। যেটির ~~আলো কম্পনগুলো আলোর~~ আলোক তরঙ্গ ~~[illegible]~~ গুলো E-Ray এর বেগের সাথে লম্বভাবে কম্পন দেয়। আবার ~~O-Ray এর~~ r_1 কোণে যেই রশ্মি প্রতিসৃত হয় তাকে O-Ray বলে যেটির আলোক তরঙ্গগুলো O-Ray এর বেগের সাথে আনুভূমিক বরাবর কম্পন দেয়।

প্রতিসারণাঙ্ক

এখানে E-Ray এবং O-Ray এর different, different হবে। কারন তাদের velocity different।

$\therefore {}_a\mu_E = \frac{\mu_E}{\mu_a} = \frac{V_a}{V_E} = \frac{\text{মুক্ত মাধ্যমে আলোর বেগ}}{\text{E-Ray এর সর্বোচ্চ বেগ}}$

বায়ু

${}_a\mu_O = \frac{\mu_O}{\mu_a} = \frac{V_a}{V_O} = \frac{\text{মুক্ত মাধ্যমে আলোর বেগ}}{\text{O-Ray এর সর্বোচ্চ বেগ}}$।

আবার লেখা যায়,

${}_a\mu_E = \mu_E = \frac{\sin i}{\sin r_2}$

${}_a\mu_O = \mu_O = \frac{\sin i}{\sin r_1}$

এখানে, $r_2 > r_1$, অর্থাৎ বলা যেতে পারে যে,

$\mu_O > \mu_E$। আবার বলা যেতে পারে,

$V_E > V_O$। অর্থাৎ Extra-ordinary light এর velocity is ~~bigger that~~ than ordinary light velocity more।

এখানে, μ_O, V_O, all time ধ্রুবক থাকিবে। But μ_E, V_E এর মান change হবে যদি (i) পরিবর্তন করা হয়।

Q|| সাধারণ রশ্মি (O-Ray) ও অসাধারণ রশ্মি (E-Ray) এর মধ্যে পার্থক্য।

O-Ray	E-Ray
অসমবর্তিত আলো যখন ক্যালসাইট কেলাসে আপতিত হয় তখন কেলাসের মধ্যে দুটি বীম ~~প্রতিসৃত~~ হয়। যে রশ্মিটি সোজাসুজি ভেদ করে যায় ~~বিচ্যুত~~ নির্গত হয় তাকে O-Ray বলে।	অসমবর্তিত আলো যখন কোনো ক্যালসাইট কেলাসের মধ্যে আপতিত হয় তখন ঐ কেলাসের মধ্যে প্রতিসরণের সময় ও আলো দুটি বীমে ভাগ হয়ে যায়। যে রশ্মিটি বিচ্যুত হয় তাকে E-Ray বলে
ঐ রশ্মিটি প্রতিসরণের Snell's law মানে।	ঐ রশ্মি প্রতিসরণের সময় ~~Snell's~~ স্নেলের সূত্র মানে না।
রশ্মির ক্ষেত্রে সব দিকে আলোর বেগ সমান	রশ্মির ক্ষেত্রে আলোর বেগ সব দিকে সমান নয়
ঐ রশ্মির প্রতিসরাঙ্ক ধ্রুবক	ঐ রশ্মির প্রতিসরাঙ্ক ~~ধ্রুবক~~ পরিবর্তিত হয়
ঐ রশ্মির কম্পন ~~কেলাসের~~ বেজের দিকের সাথে ~~অভিলম্ব ভাবে ঘটে~~। সমান্তরাল	ঐ রশ্মির কম্পন ~~কেলাসের~~ ~~অক্ষের~~ বেজের দিকের সাথে লম্ব বরাবর দেয়।

Important || মন্দনক পাত কি? একটি সিকি তরঙ্গপাত ও
অর্ধতরঙ্গপাত এর ক্রিয়া আলোচনা কর?

মন্দনক পাত || যেহেতু কেলাস মাধ্যমের সাধারণ ও অসাধারণ
রশ্মি বিভিন্ন দ্রুতিতে অগ্রসর হয় সেহেতু কেলাস হতে
নির্গত হলে ঐ রশ্মিদ্বয়ের মধ্যে একটি দশা পার্থক্যের সৃষ্টি
হয়। এই দশা পার্থক্য কেলাসের পুরুত্বের উপর নির্ভর
করে। এই কারণে দ্বি-প্রতিসারকের পাতলা পাতকে
মন্দনক পাত বলে।

সিকি তরঙ্গপাত | যদি কেলাসের কোনো পাত সাধারণ
ও অসাধারণ রশ্মির ভিতর $\frac{\lambda}{4}$ পথ পার্থক্য অথবা $\frac{\pi}{2}$ দশা
পার্থক্য সৃষ্টি করতে পারে তবে ঐ পাতকে সিকি তরঙ্গপাত
বলে।

একটি দ্বি-প্রতিসারক একঅক্ষী কেলাসের তৈরি একটি পাত এবং
optical axis এর সাথে প্রতিসারক পৃষ্ঠ সমান্তরাল
করা হয়। পৃষ্ঠের সাথে লম্বভাবে আপতিত একবর্ণী

আলোক রশ্মির জন্য O-Ray ও E-Ray মধ্যে উভয় পথ

$\frac{\lambda}{2}$ দশা পার্থক্য বা $\frac{\lambda}{4}$ পথপার্থক্য সৃষ্টি করতে পারে।

এখানে λ আপতিত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য। optic axis এর

~~সমান্তরালে~~ লম্বভাবে আলো আপতিত হলে E-Ray ও ~~এর~~ O-Ray

উৎপন্ন হয়। একই দিকে ভিন্ন বেগে চলমান μ_0 ও μ_e যথাক্রমে

O এবং E রশ্মির জন্য প্রতিসরাঙ্ক।

কোন (-ve) ~~ঋণাত্মক~~ কেলাসের জন্য $\mu_0 > \mu_e$

$$(\mu_0 - \mu_e)t = \frac{\lambda}{4}$$

$$\Rightarrow t = \frac{\lambda}{4(\mu_0 - \mu_e)}$$

আবার, কোন +ve কেলাসের জন্য $\mu_e > \mu_0$

$$\therefore (\mu_e - \mu_0)t = \frac{\lambda}{4}$$

$$\therefore t = \frac{\lambda}{4(\mu_e - \mu_0)}$$

অর্ধতরঙ্গ পাত : যদি কেলাসের কোনো পাত O-Ray ও E-Ray এর ভিতর $\frac{\lambda}{2}$ পথপার্থক্য বা π দশা পার্থক্য সৃষ্টি করতে পারে তবে ঐ পাতকে অর্ধ-তরঙ্গপাত বলা হয়। একটি দ্বি-প্রতিসারক একাক্ষীয় কেলাস দিয়ে তৈরি একটি পাত। এর প্রতিসারক পৃষ্ঠ optic axis এর সমান্তরালে কাটা হয়। ঐ পাতের দৈর্ঘ্য এমন হয় যেন লম্বভাবে দ্বি-প্রতিসরণ এর পর নির্গত E ও O রশ্মিদ্বয়ের দশা পার্থক্য π বা পথপার্থক্য $\lambda/2$ হয়।

(−ve) ~~কেলাস~~ কেলাসের জন্য $\mu_o > \mu_e$

$$\therefore (\mu_o - \mu_e)t = \lambda/2$$

$$\therefore t = \frac{\lambda}{2(\mu_o - \mu_e)}$$

আবার,

(+ve) কেলাসের জন্য, $\mu_e > \mu_o$

$$\therefore (\mu_e - \mu_o)t = \lambda/2$$

$$\Rightarrow t = \frac{\lambda}{2(\mu_e - \mu_o)}$$

নিকল প্রিজম কি? ইহা কিভাবে সমবর্তক হিসেবে কাজ করে?

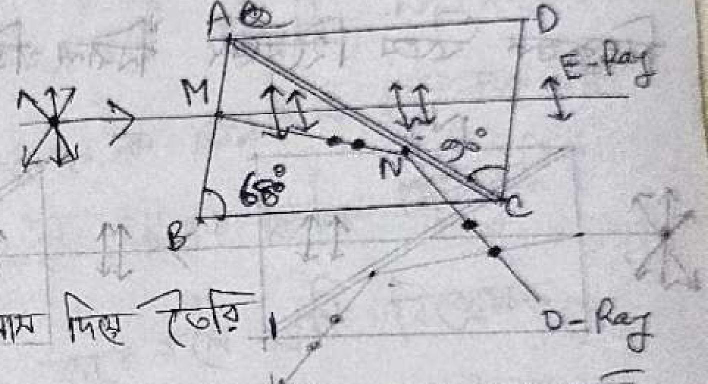
নিকল প্রিজম : এটি একটি optical device. এটি কয়লামাইট ক্যালসাইট $(CaCO_3)$ দিয়ে তৈরি এবং সমতলে সমবর্তিত আলো তৈরি ও বিশ্লেষক হিসেবে এটি ব্যবহার করা হয়।

গঠন :

$\mu = 1.658$

$\mu_o = 1.55$

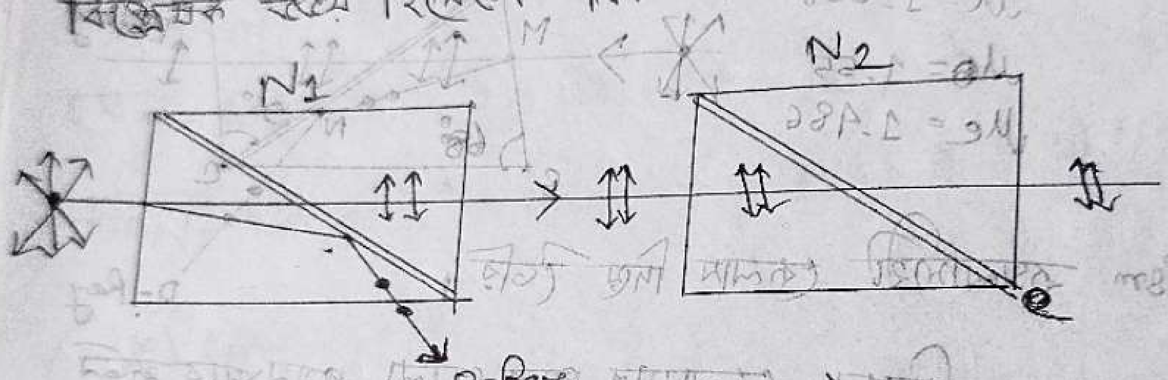
$\mu_e = 1.486$



Nicol Prism কয়লামাইট কেলাস দিয়ে তৈরি। এর দৈর্ঘ্য প্রস্থের প্রায় তিনগুন। কেলাসের প্রান্তগুলো এমনভাবে কর্তন করা হয়েছে যে ~~B ও~~ B ও D তে কোন 72° হতে 68° করা হয়। এবং C তলটি D এর সাথে 90° কোণে থাকে। AC তলকে ঘষে মেজে আলোকীয় সমতল করা হয় এবং কানাডা-বালসাম নামক এক ধরনের স্বচ্ছ সিমেন্ট দ্বারা জোড়া লাগানো হয়। O-Ray ও E-Ray এর জন্য ক্যালসাইটের প্রতিসরাঙ্ক, কানাডা-বালসামের প্রতিসরাঙ্ক তার

মোটামুটি, সোডিয়াম আলোর গড় তরঙ্গদৈর্ঘ্য $\lambda = 5893\mathring{A}$ এর জন্য ক্যালসাইট-কোয়ার্টজের প্রতিসরাঙ্ক হিসেবে ধরা হলো। $\mu = 1.658$, $\mu_o = 1.55$, $\mu_e = 1.486$

সমবর্তক হিসেবে নিকল প্রিজমের ব্যবহার / সমবর্তক ও বিশ্লেষক হিসেবেই নিকল প্রিজম ব্যবহার করা হয়।



অসমবর্তিত আলোক নিকল প্রিজম (N_1) এ আপতিত হলে এর থেকে নির্গত আলো সমতলে সমবর্তিত হয় এবং $\vec{E}$ এর কম্পন প্রধান ছেদের সমান্তরাল, দ্বিতীয় নিকল প্রিজমের (N_2) প্রধান ছেদ N_1 এর সমান্তরাল হলে এবং N_1 থেকে নির্গত আলো N_2 দিয়ে নির্গত হতে দিলে আলোকের

Nicol Prism only gives E-Ray
Nicol Prism eliminates O-Ray by (TIR)

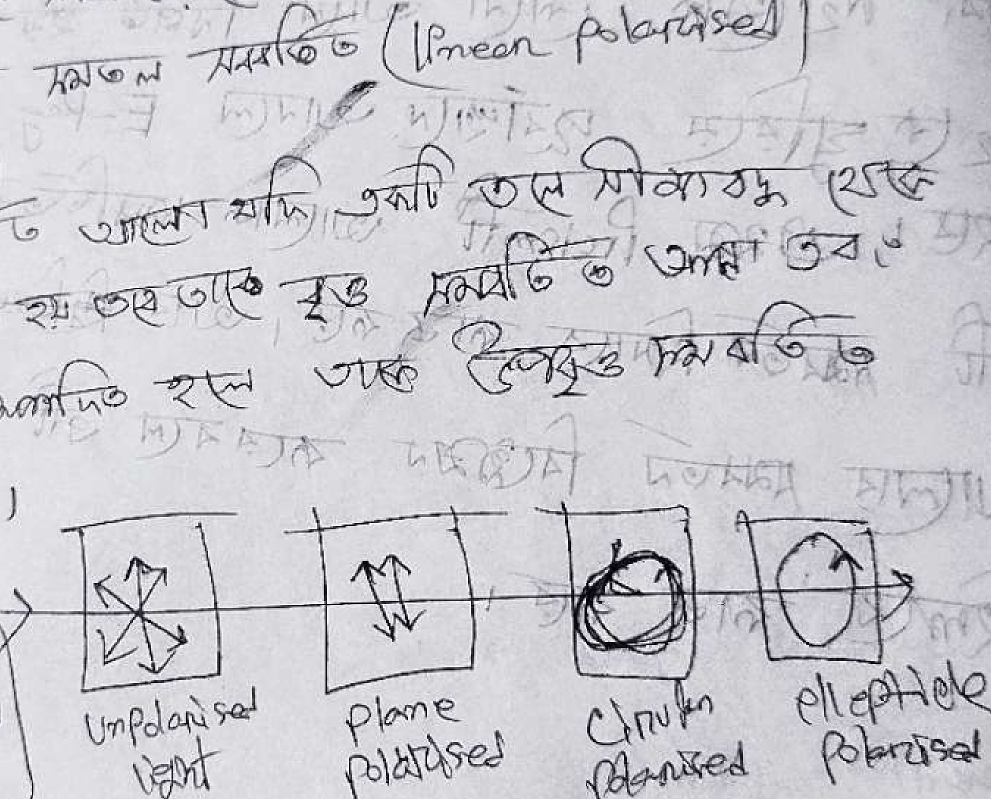
তখন N_2 এর প্রধান ছেদের সমান্তরাল হবে ও N_2 দিয়ে নির্গত হবে। এখন N_2 কে এমন ভাবে ঘুরানো হলো যাতে তার প্রধান ছেদ N_1 এর সাথে লম্ব হয় তাহলে N_2 তে আপতিত আলো তার প্রধান ছেদের সাথে লম্ব হয় অর্থাৎ N_2 থেকে কোনো আলো নির্গত হয় না। আবার N_2 কে ঘুরিয়ে পূর্বাবস্থানে আনলে E-Ray N_2 দিয়ে নির্গত হয়। প্রথম নিকলটি আলোক সমবর্তিত করে ~~বলে~~ বলে এটি সমবর্তক হিসাবে কাজ করে। আর ~~দ্বিতী~~ দ্বিতীয়টি আলোর সমবর্তন বিশ্লেষণ করে বলে এটি বিশ্লেষক হিসাবে কাজ করে।

সমবর্তিত আলোর প্রকারভেদ এবং উৎপত্তির বিভিন্ন পদ্ধতি

~~বৈশিষ্ট্য~~ সমবর্তিত আলোর কম্পন একটি নির্দিষ্ট তলে সমবর্তিত আলোর কম্পন বিভিন্ন দিকে সীমাবদ্ধ থাকে

যদি একটি তলে সীমাবদ্ধ থেকে সরলরেখায় কম্পিত হয় তবে তাকে সমতল সমবর্তিত (linear polarised) আলো বলে।

আবার সমবর্তিত আলো যদি একটি তলে সীমাবদ্ধ থেকে বৃত্তাকারে কম্পিত হয় তবে তাকে বৃত্ত সমবর্তিত আলো এবং উপবৃত্তাকারে কম্পিত হলে তাকে উপবৃত্ত সমবর্তিত আলো বলে।



বিভিন্ন পদ্ধতি polarised light উৎপন্ন করা যায়

① Polarisation by reflection.
② Polarisation by refraction
③ polarisation by double refraction
④ Polarisation by scattering
⑤ Polarisation by selective absorption.