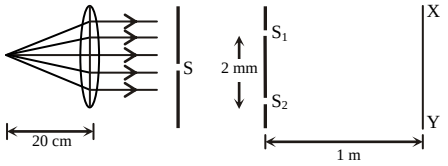
অধ্যায়-৭: ভৌত আলোকবিজ্ঞান

প্রশ্ন ▶১ নিচের চিত্রে ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষার একটি ব্যবস্থা দেখানো হয়েছে, যেখানে S_1 ও S_2 দুটি সুসংগত উৎস। ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য 5800Å।



[মেহেরপুর সরকারি মহিলা কলেজ]

ক. ফার্মাটের নীতিটি লিখ। ১

খ. বিপদ সংকেতে সবসময় লাল আলো ব্যবহার করা হয় কেন? ২

গ. উদ্দীপকে ব্যবহৃত লেন্সের ক্ষমতা নির্ণয় কর। ৩

ঘ. পর্দার দূরত্ব 20cm বৃদ্ধি করে একই প্রস্থের ডোরা পাওয়া সম্ভব কি? গাণিতিক বিশ্লেষণসহ মতামত দাও। ৪

১ নং প্রশ্নের উত্তর

ক আলোক রশ্মি এক বিন্দু হতে অপর এক বিন্দুতে যাওয়ার সময় সম্ভাব্য সকল পথের মধ্যে সেই পথ অনুসরণ করে যে পথে সময় সব থেকে কম লাগে।

খ আলোর বিক্ষেপন ধর্মের কারণে বাতাসে উপস্থিত অণু, পরমাণু ও ধূলিকণা দ্বারা আলো চতুর্দিকে বিক্ষিপ্ত হওয়ার যোগ্যতা লাভ করে। এই বিক্ষেপনের মাত্রা নির্ভর করে আলোর কম্পাঙ্কের ওপর। লাল বর্ণের আলোর কম্পাঙ্ক সবচেয়ে কম বিধায় লাল বর্ণ কম বিক্ষিপ্ত হয় এবং দূর থেকে অধিকতর দৃশ্যমান হয়। এই কারণে বিপদ সংকেতে লাল রং ব্যবহার করা হয়।

গ দেওয়া আছে,

লেন্সের ফোকাস দূরত্ব, $f = 20cm = 0.2m$

বের করতে হবে, লেন্সের ক্ষমতা, P = ?

আমরা জানি, ক্ষমতা,

$$P = \frac{1}{f}$$

$$\text{বা, } P = \frac{1}{.2}$$

$$\therefore P = 5D. \textbf{ (Ans.)}$$

ঘ দেওয়া আছে,

দুটি উৎসের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d = 2mm = 2 \times 10^{-3}m$

উৎস হতে পর্দার দূরত্ব, D = 1m

আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 5800Å = 5800 \times 10^{-10}m$

বের করতে হবে, ডোরা প্রস্থ, x = ?

আমরা জানি, ডোরা প্রস্থ,

$$x = \frac{\lambda D}{2d}$$

$$\text{বা, } x = \frac{5800 \times 10^{-10} \times 1}{2 \times 2 \times 10^{-3}}$$

$$\therefore x = 145 \times 10^{-6}m$$

এখন, পর্দার দূরত্ব 20cm বৃদ্ধি করলে নতুন দূরত্ব হয়,

$D' = 1m + 20cm = 1 + .2 = 1.2$ m

ধরি, নতুন ডোরা প্রস্থ = x'

এখন, নতুন ডোরা প্রস্থ,

$$x' = \frac{\lambda D}{2d}$$

$$\text{বা, } x' = \frac{5800 \times 10^{-10} \times 1.2}{2 \times 2 \times 10^{-3}}$$

$$\therefore x' = 174 \times 10^{-6}m$$

উপরোক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখা যাচ্ছে, পর্দার দূরত্ব 20cm বৃদ্ধি করলে নতুন ডোরা প্রস্থ হয় $174 \times 10^{-6}m$ যাহা পূর্বের ডোরা প্রস্থ $145 \times 10^{6}m$ থেকে বেশি। সুতরাং পর্দার দূরত্ব 20cm বৃদ্ধি করে একই প্রস্থের ডোরা পাওয়া সম্ভব নয়।

প্রশ্ন ▶২ পদার্থবিজ্ঞান বিভাগের ছাত্ররা ইয়ং এর দ্বি চির পরীক্ষা করার জন্য একটি আলোক উৎস ব্যবহার করে যার বায়ু মাধ্যমে তরঙ্গদৈর্ঘ্য 5600Å। ফলে 1.2m দূরে স্থাপিত পর্দার উপর ব্যতিচার পট্টি দেখা গেল। চির দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব 0.1mm। ছাত্ররা পরীক্ষাটি অন্য একটি মাধ্যমে করার চেষ্টা করল। *[ব্রাহ্মণবাড়িয়া সরকারি কলেজ]*

ক. সমবর্তন কি? ১

Teachingbd.com

খ. ফ্রনহফার শ্রেণির অপবর্তনে উৎসের সম্মুখে উত্তল লেন্স ব্যবহার করতে হয় কেন? ২

গ. ছাত্ররা বায়ু মাধ্যমে সৃষ্ট ব্যতিচার ডোরার ব্যবধান কত পেয়েছিল? ৩

ঘ. উদ্দীপকের পরীক্ষাটি 1.33 প্রতিসরাঙ্কের কোন মাধ্যমে রেখে করলে ব্যতিচার ডোরার ব্যবধানের কী কোন পরিবর্তন হবে? গাণিতিক বিশ্লেষণ দাও। ৪

২ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন তলে কম্পমান আলোক তরঙ্গকে একটি নির্দিষ্ট তল বরাবর কম্পনক্ষম করা যায় তাকে আলোকের সমবর্তন বলে।

খ একটি অভিসারী লেন্সের ফোকাস তলে আলোক উৎস রাখলে লেন্স হতে সমতল তরঙ্গমুখ বিশিষ্ট সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ নির্গত হয়। এক্ষেত্রে ধরে নেওয়া যায় যে, রশ্মিগুচ্ছ অসীম দূরত্ব হতে আসছে। অপরিবর্তিত রশ্মির তরঙ্গমুখও সমতল থাকে। এই কারণে ফ্রনহফার শ্রেণির অপবর্তনে উৎসের সম্মুখে একটি উত্তল লেন্স ব্যবহার করা হয়।

গ দেওয়া আছে,

আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 5600\text{Å}$

$\therefore \lambda = 5600 \times 10^{-10}\text{m}$

পর্দার দূরত্ব, $D = 1.2\text{m}$

চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $a = 0.1\text{mm} = 0.1 \times 10^{-3}\text{m}$

বের করতে হবে, ডোরা ব্যবধান, $\Delta z = ?$

আমরা জানি,

$$\Delta z = \frac{\lambda D}{a}$$

$$\text{বা, } \Delta z = \frac{5600 \times 10^{-10} \times 1.2}{0.1 \times 10^{-3}}$$

$$\therefore \Delta z = 6.72 \times 10^{-3}\text{m} \textbf{ (Ans.)}$$

ঘ ধরি, নতুন মাধ্যমে আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য $= \lambda_a$

দেওয়া আছে, ${}_a\mu_b = 1.33$

এখন, ${}_a\mu_b = \frac{c_a}{c_b}$

$$\text{বা, } {}_a\mu_b = \frac{f\lambda_a}{f\lambda_b}$$

$$\text{বা, } {}_a\mu_b = \frac{\lambda_a}{\lambda_b}$$

$$\text{বা, } \lambda_b = \frac{\lambda_a}{{}_a\mu_b}$$

$$\text{বা, } \lambda_b = \frac{5600 \times 10^{-10}}{1.33}$$

$$\therefore \lambda_b = 4.21 \times 10^{-7}\text{m}$$

এখন, ডোরা ব্যবধান,

$$\Delta z = \frac{\lambda_b D}{a}$$

$$\text{বা, } \Delta z = \frac{4.2 \times 10^{-7} \times 1.2}{0.1 \times 10^{-3}}$$

$$\therefore \Delta z = 5.052 \times 10^{-3}$$

উপরোক্ত গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে দেখা যাচ্ছে উদ্দীপক পরীক্ষাটি 1.33 প্রতিসরাঙ্কের মাধ্যমে করলে নতুন ডোরা ব্যবধান হয় 5.052×10^{-3}m যাহা পূর্বের ডোরা ব্যবধান 6.72×10^{-3}m থেকে কম। সুতরাং ডোরা ব্যবধান পূর্বের তুলনায় কমবে।

প্রশ্ন ▶৩ 8mm ব্যবধান বিশিষ্ট দুটি চির হতে নিঃসৃত আলোক তরঙ্গ চির হতে 0.08m দূরে অবস্থিত পর্দার উপর ব্যতিচার সৃষ্টি করল যার পর পর দুটি উজ্জ্বল ডোরার মধ্যবর্তী দূরত্ব পাওয়া গেলো 6.25×10^{-5}m। *[ক্যান্টনমেন্ট পাবলিক স্কুল এন্ড কলেজ; সৈয়দপুর]*

ক. অপবর্তন কী? ১

খ. গ্রেটিং ধ্রুবক বলতে কী বুঝ? ২

গ. উদ্দীপকে ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের তরঙ্গদ্বয় যদি পর্দার উপর কোনো বিন্দুতে 12500Å পথ পার্থক্যে মিলিত হয় তবে উক্ত বিন্দুতে গঠনমূলক নাকি ধ্বংসাত্মক ব্যতিচার সৃষ্টি হবে তা গাণিতিক বিশ্লেষণের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর।

৩ নং প্রশ্নের উত্তর

ক তীক্ষ্ম ধার ঘেঁষে যাবার সময় বা সরু ছিদ্র দিয়ে যাবার সময় আলো কিছুটা বেঁকে যাওয়ার ধর্মকে অপবর্তন বলে।

Teachingbd.com

খ গ্রেটিং এর একটি চিরের শুরু থেকে পরবর্তী চিরের শুরু পর্যন্ত দূরত্বকে গ্রেটিং ধ্রুবক বলে। ধরা যাক, একটি অপবর্তন গ্রেটিং এর প্রতিটি চিরের প্রস্থ = a এবং প্রতিটি দাগের প্রস্থ =b ; তদুপরি, a + b = d

এখানে, d-কে গ্রেটিং ধ্রুবক বা গ্রেটিং উপাদান বলে।

মনে করি, একটি গ্রেটিং এর গ্রেটিং ধ্রুবক = d cm এবং একক দৈর্ঘ্যে চিরের সংখ্যা = N

তাহলে, d cm দৈর্ঘ্যের মধ্যে চিরের সংখ্যা 1

$\therefore$ 1 cm দৈর্ঘ্যের মধ্যে চিরের সংখ্যা $\frac{1}{d}$

$\therefore N = \frac{1}{d}$ বা, $N = \frac{1}{a+b}$ বা, $a + b = \frac{1}{N}$

গ দেওয়া আছে,

দুইটি চিড়ের ব্যবধান, $d = 8mm = 8 \times 10^{-3}m$

চির হতে পর্দার দূরত্ব, $D = 0.08m$

দুটি উজ্জ্বল ডোরার মধ্যবর্তী ব্যবধান, $x = 6.25 \times 10^{-5}m$

জানা আছে,

$$x = \frac{\lambda D}{d}$$

$$\therefore \lambda = \frac{dx}{D}$$

$$= \frac{8 \times 10^{-3} \times 6.25 \times 10^{-5}}{0.08} m$$

$$= 6.25 \times 10^{-6}m$$

$$= 62500\mathring{A}$$ **(Ans.)**

ঘ দেওয়া আছে,

তরঙ্গদ্বয় পর্দার উপর কোনো বিন্দুতে $12500\mathring{A}$ পথ পার্থক্যে মিলিত হয়

অতএব, পথ পার্থক্য, $x = 12500\mathring{A}$

$$= 1.25 \times 10^{-6} m$$

তরঙ্গদৈর্ঘ্য, $\lambda = 6.25 \times 10^{-6}m$ [‘গ’ নং হতে প্রাপ্ত]

বের করতে হবে, দশা পার্থক্য, $\delta = ?$

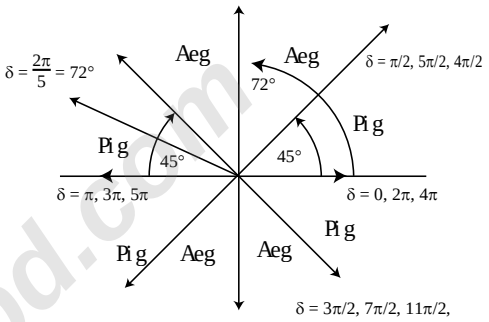
জানা আছে,

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} x = \frac{2\pi}{6.25 \times 10^{-6}} \times 1.25 \times 10^{-6}$$

$$= \frac{2\pi}{5}$$

বা, $\delta = \frac{2\pi}{5}$

$\therefore \delta = 72°$



প্রথম উজ্জ্বল ডোরার কেন্দ্র হতে মৌলিক দূরত্ব $= 180° - 72°$

$= 108° > 45°$

$\therefore$ বিন্দুটি প্রথম অবম ডোরার মধ্যে অবস্থিত।

অতএব, উদ্দীপকের ঘটনাটিতে ধ্বংসাত্মক ব্যতিচার ঘটে।

প্রশ্ন ▶৪ $6000\mathring{A}$ তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো 0.2mm ব্যবধান বিশিষ্ট দুটি চির হতে নির্গত হয়ে 1m দূরে অবস্থিত পর্দার উপর ব্যতিচার সজ্জা সৃষ্টি করলো। পর্দার উপর P বিন্দুতে তরঙ্গদ্বয় $9000\mathring{A}$ পথ পার্থক্যে মিলিত হয়। *[আজিমপুর গভর্নমেন্ট গার্লস স্কুল ও কলেজ]*

ক. ফার্মাটের নীতি লিখ। ১

খ. বিপদ সংকেতে সবসময় লাল আলো ব্যবহার করা হয় কেন? ২

গ. কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল হতে তৃতীয় উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের P বিন্দুতে কী ধরনের ব্যতিচার সৃষ্টি হবে? গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

Teachingbd.com

৪ নং প্রশ্নের উত্তর

ক এক বিন্দু হতে অপর এক বিন্দুতে যাবার সময় আলোক রশ্মির পথ সর্বদাই স্থির থাকবে এবং এমন একটি পথ অনুসরণ করবে যে পথ অতিক্রম করতে আলোর সর্বাপেক্ষা কম বা বেশি সময় লাগবে।

খ আলোর বিক্ষেপন ধর্মের কারণে বাতাসে উপস্থিত অণু, পরমাণু ও ধূলিকণা দ্বারা আলো চতুর্দিকে বিক্ষিপ্ত হওয়ার যোগ্যতা লাভ করে। এই বিক্ষেপনের মাত্রা নির্ভর করে আলোর কম্পাঙ্কের ওপর। লাল বর্ণের আলোর কম্পাঙ্ক সবচেয়ে কম বিধায় লাল বর্ণ কম বিক্ষিপ্ত হয় এবং দূর থেকে অধিকতর দৃশ্যমান হয়। এই কারণে বিপদ সংকেতে লাল রং ব্যবহার করা হয়।

গ দেওয়া আছে,

চির দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব, $a = 0.2mm = 0.2 \times 10^{-3}m$

তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 6000\mathring{A}$

$= 6000 \times 10^{-10}m$

চির হতে পর্দার দূরত্ব, $D = 1m$

ডোরার ক্রম, $n = 3$

বের করতে হবে

কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল হতে তৃতীয় উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব $x_3 = ?$

আমরা জানি,

$$x_3 = \frac{n\lambda D}{a}$$

$$= \frac{3 \times 6000 \times 10^{-10} \times 1}{0.2 \times 10^{-3}}$$

$$= 9 \times 10^{-3}m \textbf{ (Ans.)}$$

ঘ দেওয়া আছে,

আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 6000\mathring{A} = 6000 \times 10^{-10}m$

পথ পার্থক্য, $x = 9000\mathring{A} = 9000 \times 10^{-10}m$

বের করতে হবে, দশা পার্থক্য, $\delta = ?$

আমরা জানি,

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

$$= \frac{2\pi}{6000 \times 10^{-10}} \times 9000 \times 10^{-10}$$

$$= 3\pi$$

$$= 6\frac{\pi}{2}$$

আমরা জানি, ব্যতিচারের ক্ষেত্রে গঠনমূলক ব্যতিচারের শর্ত,

দশা পার্থক্য δ হলে

$$\delta = 2n\frac{\lambda}{2}; n = 0, 1, 2, ...$$

অর্থাৎ $\delta = \frac{\lambda}{2}$ এর যুগ্ম গুণিতক

আবার, ধ্বংসাত্মক ব্যতিচার সৃষ্টি শর্ত,

$$\delta = (2n + 1)\frac{\lambda}{2}; n = 0, 1, 2.....$$

অর্থাৎ $\delta = \frac{\lambda}{2}$ এর অযুগ্ম গুণিতক

যেহেতু P বিন্দুতে দশা পার্থক্য $\delta = 6\frac{\pi}{2}$

সুতরাং পর্দার উপর P বিন্দুতে গঠনমূলক ব্যতিচার সৃষ্টি হবে।

প্রশ্ন ▶৫ ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় $5000\mathring{A}$ তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো দ্বারা আলোকিত করা হলো। এর ফলে ডোরা প্রস্থ পাওয়া গেল 0.5mm চির থেকে পর্দার দূরত্ব 1m। *[মোহাম্মদপুর প্রিপারেটরী স্কুল এন্ড কলেজ]*

ক. গ্রেটিং ধ্রুবক কি? ১

খ. হাইগেনের নীতিটি ব্যাখ্যা কর। ২

গ. চির দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব কত হবে? ৩

ঘ. যদি চির ও পর্দার মধ্যবর্তী দূরত্ব অর্ধেক করা হয় তাহলে 0.3mm প্রস্থের ডোরা প্রস্থ পেতে হলে কত তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের আলো আপতিত করতে হবে? ৪

৫ নং প্রশ্নের উত্তর

ক গ্রেটিং এর একটি চিরের শুরু থেকে পরবর্তী চিরের শুরু পর্যন্ত দূরত্বকে গ্রেটিং ধ্রুবক বলে।

খ কোনো তরঙ্গমুখের প্রতিটি বিন্দু এক একটি অণু তরঙ্গের বা গৌণ তরঙ্গের উৎস হিসেবে গণ্য হয়। ঐ অণুতরঙ্গগুলো মূল তরঙ্গের সমান

Teachingbd.com

বেগ নিয়ে সামনের দিকে অগ্রসর হয়। যে কোনো মুহূর্তে এই অণুতরঙ্গগুলোকে স্পর্শ করে যে সাধারণ স্পর্শক তল পাওয়া যায় তা-ই ঐ সময়ে নতুন তরঙ্গমুখের অবস্থান নির্দেশ করে।

ধরা যাক, S আলোক উৎস থেকে চারদিকে আলোক তরঙ্গ ছড়িয়ে পড়ছে। কোনো এক সময় AB হচ্ছে তরঙ্গমুখের অবস্থান। এখন সময়ের সাথে সাথে তরঙ্গমুখ সামনের দিকে অগ্রসর হয়। t সময় পরে তরঙ্গমুখের অবস্থান কোথায় হবে তা হাইগেনের নীতির সাহায্যে নির্ণয় করা যায়।

হাইগেনের নীতি অনুযায়ী তরঙ্গমুখে অবস্থিত প্রত্যেকটি কণাকে গৌণ উৎস বলে ধরা যায় এবং ঐ কণাগুলো থেকে অণুতরঙ্গ বা গৌণতরঙ্গসমূহ নির্গত হয়ে চারদিকে একই বেগে ছড়িয়ে পড়ে। সুতরাং t সেকেন্ড পরে তরঙ্গমুখের অবস্থান বের করার জন্য AB তরঙ্গমুখের ওপর P_1, P_2, P_3 ইত্যাদি কণা নেওয়া হয়। এখন আলোর বেগ c হলে প্রত্যেক কণাকে কেন্দ্র করে ct ব্যাসার্ধের ছোট ছোট গোলক কল্পনা করা হয়। ঐ গোলকগুলোই হবে P_1, P_2 প্রভৃতি গৌণ উৎস থেকে সৃষ্ট গৌণ তরঙ্গের অবস্থান। তখন ঐ ছোট গোলকগুলোকে স্পর্শ করে যে গোলীয় তল A_1B_1 পাওয়া যায় তাই হচ্ছে t সেকেন্ড পরে অগ্রসরমান তরঙ্গমুখের অবস্থান।

গ দেওয়া আছে, ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায়,

আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 5000\text{Å} = 5000 \times 10^{-10}\text{m}$

$= 5 \times 10^{-7}\text{m}$

ডোরা প্রস্থ, $x = 0.5\text{ mm} = 0.5 \times 10^{-3}\text{m}$

$= 5 \times 10^{-4}\text{m}$

চির হতে পর্দার দূরত্ব, D = 1m

বের করতে হবে, চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, d = ?

জানা আছে, ডোরার প্রস্থ, $x = \frac{\lambda D}{2d}$

$\therefore$ চিড়দ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $d = \frac{\lambda D}{2x}$

$= \frac{5 \times 10^{-7} \times 1}{2 \times 5 \times 10^{-4}}$

$= 5 \times 10^{-4}\text{m}$

$= 5 \times 10^{-4} \times 10^{3}\text{mm}$

$= 0.5$ mm **(Ans.)**

ঘ এখানে,

চির ও পর্দার মধ্যবর্তী দূরত্ব অর্ধেক করা হয়েছে।

ধরি, পরিবর্তিত দূরত্ব D_1

ডোরার পূর্বের প্রস্থ, $x = \frac{\lambda D}{2d}$

ডোরার বর্তমান প্রস্থ, $x_1 = \frac{\lambda_1 D_1}{2d}$

$\therefore \frac{x_1}{x} = \frac{\lambda_1}{\lambda} \cdot \frac{D_1}{D}$

বা, $\lambda_1 = \frac{x_1}{x} \cdot \frac{D}{D_1} \cdot \lambda$

$= \frac{.3}{.5} \times 2 \times 5000$ Å

$= 6000$ Å

সুতরাং, চির ও পর্দার মধ্যবর্তী দূরত্ব অর্ধেক হওয়ার পর ডোরার প্রস্থ 3mm পেতে হলে, 6000Å তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো আপতিত করতে হবে।

প্রশ্ন ▶৬ একটি চিরকে সাদা আলো দ্বারা আলোকিত করা হলো। এতে হলুদ আলোর জন্য ২য় ক্রমের অপবর্তন কোণ 45° পাওয়া গেল।

[খাগড়াছড়ি সরকারি মহিলা কলেজ]

ক. অপবর্তন গ্রেটিং কি? ১

খ. হাইগেনের নীতিটি ব্যাখ্যা কর। ২

গ. হলুদ আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য 5870Å হলে চিরের প্রস্থ নির্ণয় কর। ৩

ঘ. প্রতি মিলিমিটারে রেখার সংখ্যা কিরূপ হলে অপবর্তন কোণ 30° হবে? ৪

৬ নং প্রশ্নের উত্তর

ক বহু সংখ্যক পরস্পর সমান্তরাল ও সরু চির সম্পন্ন পাতকে অপবর্তন গ্রেটিং বলে।

Teachingbd.com

খ কোনো তরঙ্গমুখের প্রতিটি বিন্দু এক একটি অণুতরঙ্গের বা গৌণ তরঙ্গের উৎস হিসেবে গণ্য হয়। ঐ অণুতরঙ্গগুলো মূল তরঙ্গের সমান বেগ নিয়ে সামনের দিকে অগ্রসর হয়। যে কোনো মুহূর্তে এই অণুতরঙ্গগুলোকে স্পর্শ করে যে সাধারণ স্পর্শক তল পাওয়া যায় তা-ই ঐ সময়ে নতুন তরঙ্গমুখের অবস্থান নির্দেশ করে।

ব্যাখ্যা : ধরা যাক, S আলোক উৎস থেকে চারদিকে আলোক তরঙ্গ ছড়িয়ে পড়ছে। কোনো এক সময় AB হচ্ছে তরঙ্গমুখের অবস্থান। এখন সময়ের সাথে সাথে তরঙ্গমুখ সামনের দিকে অগ্রসর হয়। t সময় পরে তরঙ্গমুখের অবস্থান কোথায় হবে তা হাইগেনের নীতির সাহায্যে নির্ণয় করা যায়।

হাইগেনের নীতি অনুযায়ী তরঙ্গমুখে অবস্থিত প্রত্যেকটি কণাকে গৌণ উৎস বলে ধরা যায় এবং ঐ কণাগুলো থেকে অণুতরঙ্গ বা গৌণতরঙ্গসমূহ নির্গত হয়ে চারদিকে একই বেগে ছড়িয়ে পড়ে। সুতরাং t সেকেন্ড পরে তরঙ্গমুখের অবস্থান বের করার জন্য AB তরঙ্গমুখের ওপর P_1, P_2, P_3 ইত্যাদি কণা নেওয়া হয়। এখন আলোর বেগ c হলে প্রত্যেক কণাকে কেন্দ্র করে ct ব্যাসার্ধের ছোট ছোট গোলক কল্পনা করা হয়। ঐ গোলকগুলোই হবে P_1, P_2 প্রভৃতি গৌণ উৎস থেকে সৃষ্ট গৌণ তরঙ্গের অবস্থান। তখন ঐ ছোট গোলকগুলোকে স্পর্শ করে যে গোলীয় তল A_1B_1 পাওয়া যায় তাই হচ্ছে t সেকেন্ড পরে অগ্রসরমান তরঙ্গমুখের অবস্থান।

গ দেওয়া আছে,

আলোর ক্রম, $n = 2$

অপবর্তন কোণ, $\theta_n = 45°$

তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = 5870\text{Å} = 5870 \times 10^{-10}\text{m}$

চিরের প্রস্থ, $d = ?$

আমরা জানি, $d\sin\theta_n = n\lambda$

বা, $d = \dfrac{n\lambda}{\sin\theta_n}$

বা, $d = \dfrac{2 \times 5870 \times 10^{-10}\text{m}}{\sin 45°}$

বা, $d = 1.67 \times 10^{-6}\text{m}$

$\therefore\ d = 1.67\mu\text{m}$ **(Ans.)**

ঘ দেওয়া আছে, অপবর্তন কোণ, $\theta_n = 30°$

আমরা জানি,

$d\sin\theta_n = n\lambda$

বা, $d = \dfrac{2 \times 5870 \times 10^{-10}}{\sin 30°}\text{m}$

বা, $d = 2.348 \times 10^{-6}\text{m}$

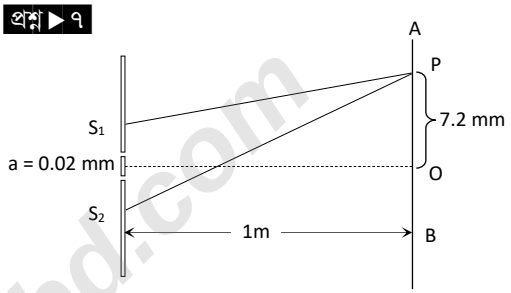
$\therefore\ d = 2.348 \times 10^{-3}\text{mm}$

এখন, প্রতি মিলিমিটারে দাগ সংখ্যা, $N = \dfrac{1\text{mm}}{d\text{mm}}$

$= \dfrac{1}{2.348 \times 10^{-3}}$

$= 426$টি

প্রশ্ন ▶ ৭



P বিন্দুতে ২য় উজ্জ্বল ডোরা সৃষ্টি হয়।

চিত্রে : আলোর ব্যতিচার দেখানো হলো

[মতিঝিল মডেল স্কুল এন্ড কলেজ, ঢাকা]

ক. আলোক কেন্দ্র কাকে বলে? ১

খ. বিপদ সংকেতের ক্ষেত্রে লাল আলো ব্যবহার করা হয় কেন? ২

গ. উদ্দীপকে ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ৩

ঘ. উদ্দীপকের AB পর্দায় ব্যতিচার ঝালরের পর পর উজ্জ্বল দূরত্ব এবং পর পর অন্ধকার ডোরার দূরত্ব সমান হবে কি? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। ৪

৭ নং প্রশ্নের উত্তর

ক লেন্সের যে বিন্দুর মধ্যে দিয়ে আলোকরশ্মি গমন করলে প্রতি সরণের পর আলোক রশ্মির দিকের পরিবর্তন হয় না তাকে আলোক কেন্দ্র বলে।

খ আলোর বিক্ষেপন ধর্মের কারণে বাতাসে উপস্থিত অণু, পরমাণু ও ধূলিকণা দ্বারা আলো চতুর্দিকে বিক্ষিপ্ত হওয়ার যোগ্যতা লাভ করে। এই বিক্ষেপনের মাত্রা নির্ভর করে আলোর কম্পাঙ্কের ওপর। লাল বর্ণের আলোর কম্পাঙ্ক সবচেয়ে কম বিধায় লাল বর্ণ কম বিক্ষিপ্ত হয় এবং দূর

Teachingbd.com

থেকে অধিকতর দৃশ্যমান হয়। এই কারণে বিপদ সংকেতে লাল রং ব্যবহার করা হয়।

গ দেওয়া আছে,

ডোরার ক্রম $n = 2$

পর্দার দূরত্ব, $D = 1m$

চিরদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব, $a = 0.02mm$

দ্বিতীয় উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব, $x_2 = 7.2mm$

আমরা জানি,

$$x_n = n\lambda\frac{D}{a}$$

$$\text{বা, } x_2 = 2 \times \lambda \times \frac{1m}{0.02 \times 10^{-3}m}$$

$$\text{বা, } \lambda = \frac{7.2 \times 10^{-3}m \times 0.02 \times 10^{-3}m}{2 \times 1m}$$

$$\therefore \lambda = 7.2 \times 10^{-8}m \textbf{ (Ans.)}$$

ঘ আমরা জানি,

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

$$\text{২য় উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব, } x_2 = 2 \times \frac{7.2 \times 10^{-8} \times 1}{0.02 \times 10^{-3}} m$$

$$\therefore x_2 = 7.2 \times 10^{-3}m$$

$$\text{প্রথম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব, } x_1 = 1 \times \frac{7.2 \times 10^{-8} \times 1}{0.02 \times 10^{-3}} m$$

$$= 3.6 \times 10^{-3}m$$

$$\text{দুটি উজ্জ্বল ডোরার মধ্যবর্তী ব্যবধান, } \Delta x = x_2 - x_1$$

$$= (7.2 \times 10^{-3} - 3.6 \times 10^{-3})m$$

$$= 3.6 \times 10^{-3}m$$

আবার,

$$\text{২য় অন্ধকার ডোরার দূরত্ব, } x_2 = 2 \times \frac{7.2 \times 10^{-8} \times 1}{0.02 \times 10^{-3}} m$$

$$\therefore x_2 = 7.2 \times 10^{-3}m$$

$$\text{২য় অন্ধকার ডোরার দূরত্ব, } x_1 = 1 \times \frac{7.2 \times 10^{-8} \times 1}{0.02 \times 10^{-3}} m$$

$$\therefore x_1 = 3.6 \times 10^{-3}m$$

দুটি অন্ধকার ডোরার মধ্যবর্তী দূরত্ব,

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

$$= (7.2 \times 10^{-3} - 3.6 \times 10^{-3})m$$

$$= 3.6 \times 10^{-3}$$

অর্থাৎ, পরপর উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব এবং পর পর অন্ধকার ডোরার দূরত্ব সমান হবে।

প্রশ্ন ▶ ৮ সৌলিন একদিন ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষা করার জন্য চির দুটিকে 0.5mm ব্যবধানে স্থাপন করে তা হতে 1.5m দূরে পর্দা স্থাপন করলো। চির দুটি আলোকিত করায় সে দেখল যে, কেন্দ্রীয় উজ্জ্বল ডোরা হতে 20 তম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব 1.8 cm।

[ইসলামিয়া সরকারি কলেজ, সিরাজগঞ্জ]

ক. আলোর সমবর্তন কাকে বলে? ১

খ. সমবর্তিত আলো এবং অসমবর্তিত আলোর মধ্যে পার্থক্য লিখ। ২

গ. উদ্দীপকে ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ৩

ঘ. একটি চির বন্ধ করার পরও সে দেখলো যে উজ্জ্বল ও অন্ধকার ডোরা তৈরি হয়েছে। এক্ষেত্রে উৎপন্ন ডোরাগুলো কি পূর্বের ডোরাগুলোর ন্যায়ই হবে? তোমার মতামত যুক্তি সহকারে আলোচনা কর। ৪

৮ নং প্রশ্নের উত্তর

ক যে প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন তলে কম্পমান আলোক তরঙ্গকে একটি নির্দিষ্ট তল বরাবর কম্পনক্ষম করা যায় তাকে আলোকের সমবর্তন বলে।

খ সমবর্তিত ও অসমবর্তিত আলোর মধ্যে মূল পার্থক্য হলো, সমবর্তিত আলোতে তড়িৎক্ষেত্র একটি নির্দিষ্ট তলে কম্পমান এবং অসমবর্তিত আলোতে তড়িৎক্ষেত্র সকল দিকে কম্পমান থাকে। সমবর্তিত আলোর

Teachingbd.com

ক্ষেত্রে চৌম্বকক্ষেত্রও একই তলে কম্পমান কিন্তু অসমবর্তিত আলোতে বিভিন্ন দিকে কম্পমান।

গ দেওয়া আছে,

চির দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব, $2d = 0.5\ mm = 0.5 \times 10^{-3}m$

পর্দার দূরত্ব, $D = 1.5m$

n তম উজ্জ্বল ডোরার দূরত্ব, $x_n = 1.8cm$

$= 1.8 \times 10^{-2}m$

$n = 20$

আলোর তরঙ্গ দৈর্ঘ্য, $\lambda = ?$

আমরা জানি,

$$x_n = \frac{n\lambda D}{2d}$$

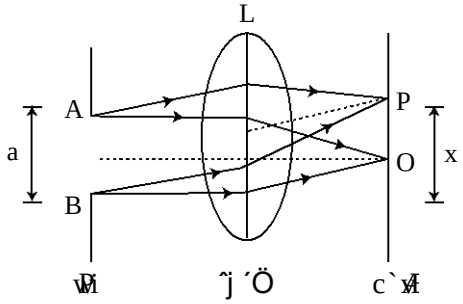
$$\text{বা, } \lambda = \frac{x_n \times 2d}{nD}$$

$$= \frac{1.8 \times 10^{-2} \times 0.5 \times 10^{-3}}{20 \times 1.5}$$

$$\therefore \lambda = 3 \times 10^{-7}m. \textbf{ (Ans.)}$$

ঘ একটি চির-বন্ধ করার পরও একক চিরের দরুন আলোর অপবর্তনের কারণে 1.5m দূরে অবস্থিত পর্দায় উজ্জ্বল ও অন্ধকার ডোরা তৈরি হয়েছে। পর্দা খুব কাছে না হওয়ায় ফ্রনহফার শ্রেণির অপবর্তন সৃষ্টি হবে। চিরের সামনে একট উত্তল লেন্স ব্যবহার করে পর্দায় ডোরা পর্যবেক্ষণ করা যায়।

সমস্ত ব্যবস্থাটি নিচের চিত্রে দেখানো হলো :



উপরের চিত্রে, a = চিরের প্রস্থ

θ = অপবর্তন কোণ

λ = ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য

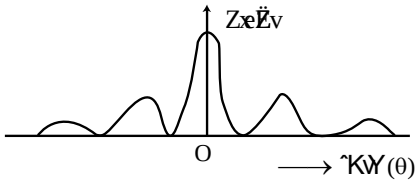
এখানে,

উজ্জ্বল ডোরার জন্য, $a\sin\theta = (2n + 1)\frac{\lambda}{2}$

অন্ধকার ডোরার জন্য, $a\sin\theta = n\lambda = 2n.\frac{\lambda}{2}$

অর্থাৎ, পথ পার্থক্য $\frac{\lambda}{2}$ এর অযুগ্ম গুণিতক হলে উজ্জ্বল এবং যুগ্ম গুণিতক হলে অন্ধকার ডোরা পাওয়া যাবে।

লক্ষ্য করি, θ এর মানের পরিবর্তনের সাথে সাথে ডোরার তীব্রতা পরিবর্তিত হয়।



উপরোক্ত লেখ হতে স্পষ্ট যে, মূখ্য চরমবিন্দু হতে যতই দূরে সরে যাওয়া হয় ততই আলোর তীব্রতা কমতে থাকে।

কিন্তু ইয়ং এর দ্বি-চির পরীক্ষায় ব্যতিচারে সব উজ্জ্বল পট্টিগুলোর আলোক প্রাবল্য সমান থাকে।

সুতরাং এক চির বন্ধ করার পর উৎপন্ন ডোরাগুলো হুবহু পূর্বের ডোরাগুলোর ন্যায় হবে না।

Teachingbd.com